

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra geotechniky a podzemního stavitelství

Zpřehlednění bezvýkopových metod vhodných pro pokládku plynových vedení a vymezení
rozsahu jejich aplikace

An Overview of Suitable No Dig Methods for Gas Pipeline Installation and Specifying
Conditions of Their Implementation

Student:

Bc. Tomáš Bednařík

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Karel Vojtasík, CSc.

Ostrava 2017

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Tomáš Bednařík**
Studijní program: N3607 Stavební inženýrství
Studijní obor: 3607T035 Geotechnika
Téma: Zpřehlednění bezvýkopových metod vhodných pro pokládku plynových vedení a vymezení rozsahu jejich aplikace
An Overview of Suitable No Dig Methods for Gas Pipeline Installation and Specifying Conditions of Their Implementation

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Úvod

Plynová vedení, klasifikace, konstrukce, závazné podmínky pro jejich umístění a výstavbu

Přehled bezvýkopových metod a soudobé zkušenosti s jejich uplatněním při výstavbě plynových vedení

Volba vhodných metod a jejich zdůvodnění

Zpracování návrhové studie technologie provedení plynového vedení

Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

Klepsatel, František; Raclavský, Jaroslav. *Bezvýkopová výstavba a obnova podzemních vedení*. Bratislava : JAGA, 2007. ISBN 978-80-8076-053-3.

Stein, Dietrich. *Trenchless Technology for Installation of Cables and Pipelines*. Bochum : Stein&Partner Germany, 2005. ISBN 3-00-014955-4.

Bayer, H., J. . *HDD Practice Handbook*. Essen : Vulkan Verlag GmbH, 2005. ISBN 3-8027-2739-8.

Stein, Dietrich. *Practical Guideline for the Application of Microtunnelling Methods*. Bochum : Stein&Partner GmbH, 2005. ISBN 3-9810648-0-1.

Normy a předpisy platné pro projektování, výstavbu a provozování plynových vedení

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Karel Vojtasík, CSc.**

Datum zadání: 28.02.2017

Datum odevzdání: 30.11.2017

doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 30. 11. 2017

podpis studenta

Prohlašuji, že:

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 30. 11. 2017

podpis studenta

Anotace

BEDNAŘÍK, T. Zpřehlednění bezvýkopových metod vhodných pro pokládku plynových vedení a vymezení rozsahu jejich aplikace: Diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta geotechniky a podzemního stavitelství, 2017, 69 stran, Vedoucí práce: doc. Ing. Karel Vojtasík, CSc.

Diplomová práce se zabývá bezvýkopovými metodami vhodnými pro pokládku plynového potrubí a má za úkol celou problematiku zpřehlednit. Sepisuje technické druhy plynových vedení v závislosti na tlaku v potrubí, klasifikuje je a popisuje používané druhy konstrukcí a materiály. Práce se rovněž zabývá obecně závaznými podmínkami pro umístění, vedení a výstavbu plynovodů a obsahuje informace potřebné k jejich bezpečné pokládce - krytí a ochranná pásma. Jsou uvedeny a popsány veškeré v dnešní době známé a nejvíce používané bezvýkopové metody, jejich použití, výhody a nevýhody, vhodné a nevhodné určení z hlediska geologie. V diplomové práci je zpracována návrhová studie technologie provedení plynového potrubí pod korytem řeky Dřevnice, kdy bylo navrženo provedení výstavby plynovodu metodou směrového vrtání - HDD.

Klíčová slova

Bezvýkopové metody, plynové vedení, horizontální vrtání, mikrotunelování, inženýrské sítě

Annotation

BEDNÁŘÍK, T. An Overview of Suitable No Dig Methods for Gas Pipeline Installation and Specifying Conditions of Their Implementation: Thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Geotechnical and Underground Engineering, 69 pages, Supervisor: doc. Ing. Karel Vojtasík, CSc.

The diploma thesis is concerned with No Dig Methods suitable for the laying of gas pipeline and clarifies the whole issue. It describes the technical types of gas pipelines in relation to the pressure in the pipeline, classifies them and describes used types of constructions and materials. The thesis is also concerned with generally binding conditions for the placing, lining and construction of gas pipelines and contains the information necessary for their safe laying - protection and protective zones. There are mentioned all the current No Dig Methods, their usage, advantages and disadvantages, suitable and unsuitable determination from the point of view of geology. In the thesis is processed design study of the technology of the gas pipeline laying under the riverbed of river Dřevnice, where the making of the gas pipeline construction was designed by using the method of horizontal directional drilling.

Key words

No Dig Methods, gas pipeline, horizontal drilling, microtunneling, underground utilities

Obsah

1. Úvod.....	10
2. Plynová vedení, klasifikace, konstrukce a závazné podmínky pro jejich umístění a výstavbu	11
2.1 Rozdělení plynárenských zařízení	11
2.1.1 Rozdělení dle účelu	11
2.1.2 Rozdělení dle tlaku.....	11
2.2 Konstrukce plynových vedení	12
2.3 Předpisy pro projektování plynárenských zařízení.....	16
2.3.1 Legislativní podmínky pro projektování	17
2.3.2 Normativní podmínky pro projektování.....	18
2.3.3 Technické podmínky pro projektování.....	19
2.3.4 Interní podmínky pro projektování	22
2.3.5 Ostatní podmínky pro projektování.....	22
3. Přehled bezvýkopových metod a soudobé zkušenosti s jejich uplatněním při výstavbě plynových vedení	23
3.1 Členění bezvýkopových technologií	24
3.1.1 Rekonstrukce sítí	25
3.1.2 Nová pokládka sítí.....	25
3.2 Soudobé zkušenosti s uplatněním při výstavbě plynových vedení.....	26
4. Volba vhodných bezvýkopových metod a jejich zdůvodnění.....	27
4.1 Metody bez obsluhy na čelbě - řízené	29
4.1.1 Směrové vrtání - HDD	30
4.1.2 Řízené horizontální vrtání s pilotním vrtem.....	32
4.1.3 Mikrotunelování	34
4.2 Metody bez obsluhy na čelbě - neřízené	36
4.2.1 Propichování.....	36

4.2.2	Vodorovné beranění	38
4.2.3	Horizontální vrtání	40
4.3	Metody s obsluhou na čelbě	41
4.3.1	Trubní protlak.....	42
4.3.2	Štítování	44
4.3.3	Ruční ražba.....	47
5.	Zpracování návrhové studie technologie provedení plynového vedení	49
5.1	Technická zpráva k návrhové studii bezvýkopové technologie	51
6.	Závěr.....	59
7.	Seznam použitých pramenů	62
8.	Seznam tabulek	66
9.	Seznam obrázků	67
10.	Seznam příloh.....	69

Seznam použitých zkratek

ČBÚ	-	Český báňský úřad
ČSN	-	Česká státní norma
ČSN EN	-	Česká verze evropské normy
ČPHZ	-	Činnosti prováděné hornickým způsobem
ČUBP	-	Český úřad bezpečnosti práce
DN	-	Diametre Nominal - Označení pro světlost potrubí v mm
HDD	-	Horizontal Directional Drilling, horizontální směrové vrtání
IG	-	Inženýrsko-geologický (např. průzkum)
k.ú.	-	Katastrální území
KSÚS	-	Krajská správa a údržba silnic
MěÚ	-	Městský úřad
MRS	-	Minimální požadovaná pevnost
OBÚ	-	Obvodní báňský úřad
OÚ	-	Obecní úřad
p.č.	-	parcelní číslo
PE	-	Polyetylen
PE -HD	-	Polyetylen s vysokou hustotou
ŘSD	-	Ředitelství silnic a dálnic
Sb.	-	Sbírky
SÚS	-	Správa a údržba silnic
SŽDC	-	Správa železniční dopravní cesty
TPG	-	Technická pravidla – plyn
VTL	-	Vysokotlaké vedení

1. Úvod

V současné době jsou bezvýkopové technologie velmi dynamicky se rozvíjejícím oborem v oblasti výstavby veškerých nových liniových vedení, ale také rekonstrukcí inženýrských sítí. Jsou používány v případě požadavků na minimální porušení současného terénu, tj. překopávání komunikace nejen v městských částech, ale také co nejmenšího porušení prostor pod památkami apod.

Bezvýkopové technologie jsou ideální pro městské zastavěné lokality, nicméně stále častěji se využívají také při výstavbě různých přivaděčů s minimálním počtem odbočení nebo přípojek. Jsou zároveň méně náročné na přípravu projektu a často přinášejí také nižší počáteční investiční náklady. [18]

Podle ČSN 75 6230 se jedná o způsoby uložení podzemních vedení technologického vybavení bez použití otevřené výkopové rýhy, při kterých se terén nad místem jejich uložení neporuší vůbec nebo se poruší jen minimálně. Tedy pod samotným pojmem bezvýkopové technologie jsou myšleny takové metody staveb či oprav podzemních vedení, při kterých nejsou potřeba žádné výkopové práce z povrchu terénu, respektive jejich rozsah je omezen jen na zřizování pracovních šachet. Tyto šachty slouží pouze jako startovací a koncová šachta nebo v případě delších liniových vedení se mohou navrhnout ještě kontrolní šachty. Z tohoto důvodu je hlavní výhodou bezvýkopových technologií respektování ochrany životního prostředí a přírody na rozdíl od provádění liniových staveb klasickými výkopovými technologiemi a metodami prováděnými z povrchu. [41]

Existuje mnoho variant a podvariant bezvýkopových technologií. Každá z bezvýkopových metod má stejně jako pokládka plynových vedení své návrhové požadavky a omezení. V dnešní době již není mnoho situací, kdy nelze bezvýkopové metody při pokládce plynových vedení použít.

Zemní plyn je velmi výhřevný hořlavý plyn vyskytující se v přírodě a je jednou ze základních energií potřebných pro zajištění vytápění, ohřev teplé užitkové vody, případně pro vaření v domácnostech. Doprava zemního plynu v Evropě a do Evropy je zajišťována plynovody, jejichž celková délka překročila již 430 tis. km. Celosvětově je v provozu více než 1,25 mil. km vysokotlakých plynovodů. Nejdelší tranzitní plynovod, přivádějící plyn do střední a západní Evropy, vede také přes ČR, kterou tím strategicky zvyznamňuje. [18]

2. Plynová vedení, klasifikace, konstrukce a závazné podmínky pro jejich umístění a výstavbu

Plynovody se dopravuje zemní plyn z místa jeho těžby do místa jeho spotřeby. Plynovody se vedou pod terénem, nad terénem i pod hladinou řek či moří. Průtok zemního plynu rychlostí až 80 km/h potrubím o vnitřním průměru až 122 cm zajišťují kompresory soustředěné ve stanicích podél tras plynovodů. Po přivedení zemního plynu do místa spotřeby se plyn čistí a poté uskládá v podzemních i nadzemních zásobnících. [18]

2.1 Rozdělení plynárenských zařízení

Plynová vedení, respektive veškerá zařízení plynových soustav, se člení do kategorií rozdělujících se podle účelu a tlaku v potrubí. Každá z těchto kategorií se nadále dělí do skupin. Rozdělení plynovodů dle tlaku v potrubí se člení na další dvě skupiny, přičemž každá z nich má své jednotlivé podskupiny.

2.1.1 Rozdělení dle účelu

- Tranzitní;
- mezistátní;
- dálkový;
- místní;
- průmyslový;
- domovní.

2.1.2 Rozdělení dle tlaku

Skupina „A“ – Plynovody s tlakem do 16 barů (1,6 MPa):

- podskupina „A1“ – Nízkotlaké plynovody do 0,05 baru včetně;
- podskupina „A2“ – Středotlaké plynovody nad 0,05 baru do 4 barů včetně;
- podskupina „A3“ – Vysokotlaké plynovody nad 4 bary do 16 barů včetně.

Skupina „B“ Plynovody s tlakem nad 16 barů (1,6 MPa):

- podskupina „B1“ – Vysokotlaké plynovody nad 16 barů do 40 barů včetně;
- podskupina „B2“ – Vysokotlaké plynovody nad 40 barů do 100 barů včetně.

2.2 Konstrukce plynových vedení

Plynové vedení je soustava různých zařízení a doplňkového příslušenství. Konstrukce jednotlivých vedení se liší materiálem a s ním spojenou metodou spojování, navrženým průměrem potrubí a individuálně volenými doplňkovými prvky příslušenství.

Základní terminologie:

- plynovod – soustava potrubí pro rozvod plynu na delší vzdálenost;
- plynovodní přípojka – zařízení pro připojení odběrného plynového zařízení na plynovod;
- příslušenství – součást plynovodu (např. číchačka, chránička, ochranná trubka, zemní souprava, výstražná fólie, signalizační vodič s vývody, poklop, orientační sloupek, štítek);
- číchačka – zařízení ke zjišťování úniku plynu z potrubí, používané zpravidla při jeho uložení v chráničce;
- chránička – trubka nebo potrubí chránící okolní prostor před únikem plynu, případně současně plynovod před vnějšími silovými účinky;
- ochranná trubka (ochranné potrubí) – trubka nebo potrubí sloužící k ochraně plynovodu před vnějšími silovými účinky (mechanické poškození nebo nadměrné namáhání);
- zemní souprava – zařízení umožňující ovládání uzávěrů uložených v zemi;
- elektrotvarovka – PE kompletační prvek opatřený vinutím z odporového drátu, určený pro elektrosvařování. [21]

Základním rozdělením materiálů konstrukcí plynových vedení je ocel vyhovující normě ČSN EN ISO 3183 a polyetylen vyráběný dle normy ČSN EN 1555-1. Oba tyto materiály podléhají svým podmínkám výroby potrubí, jeho ochrany či volbě použití v závislosti na umístění vedení plynovodu a možného nebezpečí poškození potrubí. Ocelové potrubí plynovodů je chráněno PE izolací. V případě bezvýkopové technologie jsou také používány trubky s tzv. plastbetonovou ochranou izolace, jelikož je plynovodní potrubí přímo zatahováno (bez chráničky či ochranné trubky). Tato ochrana izolace je výrobně aplikována na PE izolaci potrubí a takto chráněné ocelové potrubí, zejména jeho PE izolace, je vhodné pro použití při výstavbě bezvýkopovou technologií. [33, 34]

Pro tranzitní, mezistátní a dálkové plynovody se smí použít pouze ocelové potrubí, jež se spojuje svařováním. Na ocelovém plynovém potrubí musí být zkoušeny jednotlivé svary nedestructivními metodami, například rentgenem nebo ultrazvukem. Svary jsou

následně ručně izolovány PE izolací, která musí být rovněž zkoušena a v konečné fázi musí být svary opatřeny plastbetonovou ochranou samotné izolace. Doba na provedení všech těchto úkonů se pohybuje v řádech hodin na jednotlivém svaru. [19]



Obrázek 2.1 - Svařování ocelového potrubí [4]

Pro místní plynovody může být použito potrubí polyetylenové dle výrobců často označováno jako PE-HD - tvrzený polyetylen, polyetylen s vysokou hustotou, přičemž tento materiál musí mít zajištěnou příslušnou pevnost v tlaku (MRS) a maximální dovolený přetlak.

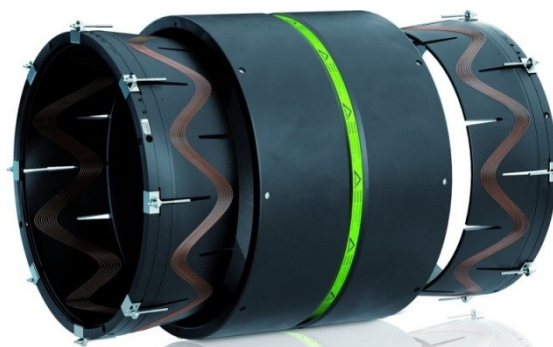
Druhy polyetylenů:

- PE 80 – lineární polyetylen (MRS = 8,0 MPa);
- PE 100 – lineární polyetylen (MRS = 10,0 MPa);
- PE-X – zesíťovaný polyetylen (MRS = 8,0 nebo 10,0 MPa);
- PE-Xa – peroxidem zesíťovaný polyetylen;
- PE-Xb – silanem zesíťovaný polyetylen. [44]

Plynovodní polyetylenové potrubí se spojuje svařováním, a to buď metodou na tupo, nebo elektrotvarovkou. Kontrola kvality svaru na tupo se provádí vnější prohlídkou výronku a jeho geometrickým měřením. Svary elektrotvarovkou se kontrolují vysunutím indikátorů elektrotvarovky a kontrolou správně provedené přípravy potrubí. Rentgenové či ultrazvukové zkoušky ještě nejsou v ČR u PE potrubí tolik používány, neboť chybí znalosti a zkušenosti. Rovněž u PE potrubí je nutné dodržet čas stanovený na chladnutí jednotlivých spojů, tento čas je také v řádech hodin u každého spoje a bezvýkopovou technologií je třeba volit s ohledem na tuto skutečnost, jelikož u některých metod nelze technologické přestávky respektovat. [19, 22]



Obrázek 2.2 - Svařování PE-HD potrubí na tupo [2]



Obrázek 2.3 - Eletrotvarovka[3]

Jedním z méně často používaných materiálů pro plynová vedení jsou polymery (sklolamináty), zpevněné skleněným vláknem. Tyto materiály nacházejí uplatnění v průmyslových odvětvích. Důvod vývoje sklolaminátových potrubí je nutnost řešení korozivních problémů potrubí způsobených agresivitou prostředí v aplikaci s vysokými tlaky. Rozvoj průmyslu těžby ropy a zemního plynu v 70. letech sehrál roli ve vývoji těchto materiálů, jelikož vznikla poptávka po chemicky stálějších materiálech. [8]

Spoje na sklolaminátovém potrubí hrají velmi důležitou roli v celkové spolehlivosti těchto potrubních systémů. Na vysokotlakých plynovodech se mohou používat spoje závitové, lepené a přírubové. Lepené a přírubové spoje se na potrubí smějí používat pouze v určitých, předpisem přesně definovaných případech, obvykle jen při úpravě délky trubek (výroba manipulačních trubek) nebo při opravách potrubí. Základní systém spojování trubek a tvarovek, používaných při výstavbě vysokotlakých plynovodů ze sklolaminátu, však musí tvořit závitové spoje s kuželovými závity vyrobenými lisováním.[8]



Obrázek 2.4 - Sklolaminátové potrubí s distančním prstencem vtahováno do ocelové chráničky [8]

Sklon bezvýkopově ukládaného potrubí bývá roven sklonu terénu. Provedení uchycení a zakotvení je stanoveno projektem stavby v závislosti na použité konstrukci vedení a místních podmínkách. U bezvýkopových metod zpravidla nebývá nutné žádné kotvení potrubí v zemině ani v prudkých svazích. [19]

Souběžně s plynovodním potrubím se ukládá signalizační vodič CYY, jenž je měděný, izolovaný a je trvale upevněn na horní části potrubí. Signalizační vodič je pokud možno veden mimo chráničku. U bezvýkopových metod se signalizační vodič připevní k potrubí (z praxe v zeminách stačí obtočit vodičem potrubí, zavázat a zalepit lepicí páskou) a postupně se odvíjí se zatahováním potrubí. Další možností je použití polyethylenového potrubí s modifikovanou ochrannou vrstvou dle ČSN EN 1555 – 1 Plastové potrubní systémy pro rozvod plynů, která má v sobě integrovaný signalizační vodič. [22, 34]

Ve vzdálenosti 0,3 až 0,4 m nad horní částí potrubí se zpravidla vkládá perforovaná výstražná žlutá fólie, přičemž šířka fólie musí přesahovat šířku uloženého potrubí nejméně o 50 mm na obě strany. Pokud je však výstavba prováděna bezvýkopovou technologií, není nutné tuto fólii vkládat. [22, 34]

Na zrealizovaném plynovém potrubí se provádí tlakové zkoušky, které mají za úkol prokázat těsnost a pevnost smontovaného úseku. Potrubí je zkoušeno stlačeným vzduchem nebo inertním plynem.

Existují situace, kdy je nutné uložení plynového potrubí do chráničky nebo ochranné trubky z důvodu ochrany plynovodu před vnějšími silovými účinky. V tomto případě dochází

pouze ke zvětšení dimenze zatahovaného či zatlačovaného potrubí, kterým bude následně vlastní plynové potrubí protaženo, což využití bezvýkopové technologie umožňuje.



Obrázek 2.5 - Ocelová chránička ocelového a PE potrubí a jejich ukončení[1]

Například v případě křížení elektrifikovaných železnic platí interní předpis SŽDC, který zakazuje používání samostatných ocelových potrubí. To v podstatě znamená, že je při výstavbě prvně protlačena trouba větší dimenze z jiného materiálu, než je ocel, do které bude následně zasunuta menší ocelová trouba plnící funkci chráničky, a do ní teprve plynovodní potrubí. První protlačovaná trouba plní funkci pažení a následně ztraceného bednění. Meziprostory trub jsou z pravidla následně vyplňovány betonovou, cementopopilkovou či bentonitovou směsí. [22, 36]

2.3 Předpisy pro projektování plynárenských zařízení

Pro projektování, výstavbu i provoz plynárenských zařízení existují předpisy, které specifikují podmínky, za jakých je možné tato zařízení projektovat, realizovat a následně provozovat.

Tyto podmínky jsou charakteru:

- legislativního (zákony a vyhlášky);
- normativního (evropské a české normy);
- technického (technické předpisy pro konkrétní skupinu či podskupinu plynárenských zařízení);
- interního (interní předpisy stanovené provozovateli);
- ostatního. [22]

2.3.1 Legislativní podmínky pro projektování

V rámci legislativy existuje Zákon č. 61/1988 Sb. o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě, v platném znění, který s plynárenstvím souvisí, ačkoliv to na první pohled není zcela zřejmé. Tento zákon definuje ve svém § 3 tzv. „Činnosti prováděné hornickým způsobem“. V odst. f) daného paragrafu je přímo zmíněno vrtání vrtů s délkou nad 30 m. Do této kategorie některé navrhované plynárenské stavby spadají a je tudíž nutné, aby projekční organizace, která takové stavby projektuje, měla příslušné oprávnění pro tyto činnosti. Současně se tato podmínka vztahuje i na zhotovitele, který stavbu realizuje. Tyto legislativní podmínky jsou zásadní, neboť mimo zmiňované oprávnění musí organizace splnit i další požadavky, které s touto činností souvisejí. Např. povinnost ohlásit stavbu obvodnímu báňskému úřadu, což u běžných staveb plynárenských zařízení není nutné. [22, 46]

Dále se jedná o zákony, vyhlášky a nařízení vlády, které určují, za jakých podmínek či opatření je možné uložit plynovodní potrubí – v tomto případě do komunikací.

Jedná se o následující legislativní předpisy:

- Zákon č. 13/1997 Sb. - Zákon o pozemních komunikacích v platném znění, ve svém § 36, odst. 3 umožňuje za jistých okolností podélné uložení energetického vedení do silničního pomocného pozemku, do středního dělicího pásu nebo na mosty a mostní objekty dotčené pozemní komunikace. V odst. 4, tuto podmínku v podstatě eliminuje, ale pouze v zastavěném území obce, a připouští podélné uložení do chodníku, přilehlých zelených pásů a pokud neexistuje jiná možnost, tak i do vozovky. Zde uvedené informace se vztahují pouze na podélné uložení v komunikacích. Příčné uložení a křížení v komunikacích je v podstatě tímto zákonem neomezeno, avšak musí být dodrženy podmínky dané konkrétním správcem dotčené komunikace (MěÚ, OÚ, KSÚS, ŘSD, apod.). [28]
- Vyhláška ČUBP č. 48/1982 Sb., kterou se stanoví základní požadavky k zajištění bezpečnosti práce a technických zařízení, v platném znění, ve svém § 185, odst. 3 mj. říká, že v případě, kdy rozvody plynu křížují komunikace nebo prostory, které by mohly být naplněny unikajícím plynem, musí být uloženy do ochranné trubky, ve které nesmí být rozebíratelné spoje. Toto je ve své podstatě podmínka, která má vliv na zvolení druhu bezvýkopové technologie, je-li zvolena, neboť je zatahována trubka větší dimenze než vlastní plynové potrubí. Uvedená podmínka

je v tomto případě platná pro křížované komunikace a nevztahuje se na podélné uložení do komunikací. [31]

- Nařízení vlády č. 101/2005 Sb. o podrobnějších požadavcích na pracoviště a pracovní prostředí v platném znění, ve své příloze č. 2 pod bodem 2.2.7 uvádí, že potrubí, jímž se rozvádí nebezpečné látky, což je také zemní plyn, musí být pod komunikacemi a při přechodu dutých podzemních prostor uložena v ochranných trubkách. [32]

Problematicky se rovněž dotýká zákon č. 458/2000 Sb., Energetický zákon ve znění pozdějších předpisů, jenž stanovuje ochranná pásma plynovodů a plynárenských zařízení. Ochranná pásma plynovodů a plynárenských přípojek o tlakové úrovni do 4 bar včetně, v zastavěném území obce je 1 m na obě strany a mimo zastavěné území obcí 2 m na obě strany. U plynovodů a plynárenských přípojek nad 4 bar do 40 bar včetně jsou ochranná pásma 2 m na obě strany a nad 40 bar 4 metry na obě strany.[29]

2.3.2 Normativní podmínky pro projektování

V případě normativních podmínek jsou tyto stanoveny pro jednotlivé skupiny či podskupiny plynárenských zařízení. Normy jsou převzaty z evropské úrovně a rovněž se jedná o předpisy České republiky.

Normy, jež jsou převzaty z evropské úrovně, jsou značeny zkratkou ČSN EN a příslušným číslem a normy národní zkratkou ČSN a příslušným číslem. Pro skupinu plynovodů „A“ je to ČSN EN 12 007 - 1 až 4 a pro skupinu plynovodů „B“ je to ČSN EN 1594. Tyto normy řeší zásadní požadavky na jednotlivá plynárenská zařízení, jejich umístění, materiály, konstrukce, zkoušení atd. [39, 40]

Zejména ČSN EN 1594 se do jisté míry v příloze F zabývá inženýrsko-geologickým a geotechnickým průzkumem a v příloze G vrtnými a protlačovacími metodami s upozorněním na nutné pevnostní výpočty potrubí. [40]

Normy jsou dále doplněny republikovými předpisy, např. ČSN 73 6005 - Prostorové uspořádání sítí technického vybavení, ČSN 73 0039 - Navrhování objektů na poddolovaném území, atd. [43]

Konkrétně novelizovaný předpis ČSN 73 6005 - Prostorové uspořádání sítí technického vybavení stanovuje zásady pro stanovení výšky krytí plynovodů. Plynovody a jejich přípojky vedené pod vozovkou musí mít minimální krytí 1 m, pod chodníky

a ve volném terénu je tato hodnota 0,8 m. Plynovody a přípojky vedené pod vozovkou, která je ve správě SÚS, musí mít minimální krytí 1,4 m. Dále u potrubí uloženého pode dnem vodního toku nebo nádrže je na sledovaných vodních cestách krytí 2 m a v ostatních případech 1 m. Další doplňkové požadavky na krytí plynových potrubí mohou mít jednotliví vlastníci a provozovatelé plynovodu v závislosti na místních podmínkách. V situacích, kdy nelze v chodníku nebo ve volném terénu stanovené nejmenší krytí dodržet z důvodu překážky, je možné se souhlasem budoucího provozovatele nebo dodavatele plynu krytí snížit na 0,4 m, popř. při uložení potrubí do ochranného potrubí lze krytí snížit na 0,25 m. Krytí větší než 1,5 m je možné jen se souhlasem budoucího provozovatele plynovodu. Pod vozovkou v technicky zdůvodněných případech z důvodu překážky v trase potrubí lze se souhlasem plynárenského podniku, silničního správního orgánu a správce komunikace snížit krytí plynovodů do přetlaku 0,3 MPa vedených v zastavěném území na 0,6 m. [42]

Předpis ČSN 73 6005 rovněž stanovuje vzdálenost plynového potrubí od ostatních podzemních vedení. Jednotlivé vzdálenosti při souběhu a křížení vybraných sítí jsou uvedeny v následující tabulce 1. [42]

Druh sítí	Plynovodní potrubí		Vodovodní potrubí	Vodní tepelné sítě	Stoky a kanalizační přípojky	Sdělovací kabely
	Nízkotlak do 5 kPa	Středotlak do 400 kPa				
Plynovodní potrubí nízkotlak do 5 kPa	0,4 (0,1)	0,4 (0,1)	0,5 (0,15)	0,5 (0,12)	1,0 (0,5)	0,4 (0,1)
středotlak do 400	0,4 (0,1)	0,4 (0,1)	0,5 (0,15)	0,5 (0,12)	1,0 (0,5)	0,4 (0,1)

Tabulka 1 - Nejmenší dovolené vzdálenosti při souběhu (křížení) plynovodního potrubí (středotlak a nízkotlak) a jiných vybraných podzemních sítí, v m [42]

Potrubí uložené v zemi musí být chráněno před dlouhodobými tepelnými účinky ostatních vedení buď umístěním, nebo vhodnou ochranou tak, aby teplota jeho povrchu nepřesáhla 20 °C. [42]

2.3.3 Technické podmínky pro projektování

Výše uvedené normy jsou dále rozpracovány a konkretizovány v technických podmínkách. V nich uvedená pravidla a instrukce jsou rovněž poplatná vždy konkrétní skupině či podskupině plynovodů. Pro skupinu plynovodů „A“ je to zejména TPG 702 01 a pro skupinu plynovodů „B“ je to TPG 702 04. [44, 45]

Uvedené technické předpisy vycházejí z příslušných norem evropských i národních a ve své podstatě detailně konkretizují požadavky na jednotlivá plynárenská zařízení, jejich umístění, materiály, konstrukce, zkoušení atd. Tyto dokumenty jsou zpracovány opravdu precizně s cílem dosáhnout co možná nejkomplexnějšího řešení jednotlivých oblastí, jako je protikoroze ochrana, odorizace plynu, kotvení ve strmých svazích, označování plynovodů a čištění plynárenských zařízení.

Předpis TPG 702 04 rovněž stanovuje vzdálenost plynového potrubí od ostatních podzemních vedení. Jednotlivé vzdálenosti při souběhu a křížení vybraných sítí jsou uvedeny v následující tabulce 2. [45]

Druh sítí	Nejmenší dovolená vzdálenost		
	Křížení	Souběh	
	Podskupina plynovodů	Podskupina plynovodů	
	A3, B1, B2	A3	B1, B2
Dálkovody s hořlavými kapalinami	0,5	10*)	10*)
Kabely sdělovací	0,3	1,5	2
Potrubí vodovodní	0,3	2,5	3
Spláskové stoky, kanalizační přípojky	0,3	4	4
Plynovody	0,3	1,5	3
Kabelovody, kolektory, teplovodní kanály apod.	0,3	5	5
*) Na 2,5 m (A3) a 3 m (B1, B2) je možno tuto vzdálenost snížit v případě, že izolace plynovodu je prokazatelně odolná proti působení hořlavých kapalin a kapalných uhlovodíků			

Tabulka 2 - Nejmenší dovolené vzdálenosti při souběhu (křížení) plynovodního potrubí (vysokotlak) a jiných vybraných podzemních sítí, v m [45]

Ve výše uvedených předpisech jsou mj. specifikovány požadavky na materiál potrubí a jejich ohyby, což má zásadní vliv na možnost využít bezvýkopovou technologii a stanovení jejího druhu.

V této souvislosti jsme již nuceni oddělovat jednotlivé skupiny plynovodů na samostatné celky, neboť pro každý segment jsou požadovány jiné materiály a s tím související ohyby potrubí. V souvislosti s používanými materiály je samozřejmě nutné stanovit i izolaci materiálů a ochranu samotné izolace.

Skupina „A“ – Plynovody s tlakem do 16 barů dělené dále na A1, A2 a A3:

V praxi jsou provozně využívány pouze podskupiny „A1“ a „A2“, což jsou tzv. „místní sítě“, sestávající z plynovodů nízkotlakých a středotlakých. Podskupina „A3“ je v našich provozních podmínkách nevyužívána a vysokotlaké plynovody této podskupiny jsou prakticky začleněny do podskupiny „B1“. [22, 36 - 39]

Tyto tzv. „místní sítě“ jsou převážně zhotovovány z PE materiálů o určité stanovené tloušťce stěny a minimální pevnosti. Jelikož jsou tyto PE materiály měkké, a tudíž nevhodné pro použití při bezvýkopových technologiích, jsou chráněny tzv. ochranným pláštěm. Ochranný plášť je tenká vrstva tvrzeného PE materiálu, která je aplikována na vlastní PE potrubí v tloušťce vrstvy cca 2 mm. Použití potrubí s touto ochranou je pro výstavbu bezvýkopovou technologií nezbytné. [22]

Změny směru - ohyby - jsou běžně řešeny tvarovkami (výrobkem) nebo pružným ohybem o určitém poloměru, který je dán v technickém předpisu a je stanoven následovně: $r \geq 25 \times DN$ (např. u potrubí PE DN 200 je $r = 5 \text{ m}$). [22]

Skupina „B“ Plynovody s tlakem nad 16 barů dělené dále na B1 a B2:

V praxi jsou provozně využívány obě tyto podskupiny, z nichž podskupina „B1“ jsou zejména plynovody distribuční soustavy a podskupina „B2“ jsou zpravidla plynovody přepravní soustavy. Tyto plynovody jsou zhotovovány výhradně z oceli o určité stanovené tloušťce stěny a zaručené hodnotě meze kluzu materiálu. [22, 40]

Změny směru - ohyby - jsou běžně řešeny jednak umělými ohyby o $r = 40D$, resp. $r = 50D$ ohýbanými za studena na stavbě pomocí tzv. ohýbaček. Tam, kde nelze tyto ohyby osadit, je možné ve výjimečných případech osadit tovární ohyby o $r = 10D$, resp. $r = 5D$, což jsou ohyby ohýbané za tepla pomocí indukčního předehřevu. [22]

Pro představu jsou uvedeny hodnoty přirozených ohybů ocelových potrubí, které jsou vypočítány v souladu s TPG 702 04 a u jednotlivých dimenzí jsou:

DN 80	$r = 419 \text{ m}$
DN 100	$r = 419 \text{ m}$
DN 150	$r = 420 \text{ m}$
DN 200	$r = 471 \text{ m}$
DN 300	$r = 588 \text{ m}$
DN 500	$r = 661 \text{ m}$

Tabulka 3 - Hodnoty přirozených ohybů ocelových potrubí dle TPG 702 04 [45]

2.3.4 Interní podmínky pro projektování

Podmínky uvedené v interních předpisech mají vliv na využití bezvýkopových technologií při projektování a výstavbě liniových plynárenských zařízení.

V podstatě každý provozovatel přepravní či distribuční soustavy (např. GasNet, s.r.o., Net4Gas, s.r.o., PP, a.s. E.ON, a.s.) výše uvedené normativní podmínky ještě upřesňuje svými interními předpisy. V těchto předpisech jsou mj. zohledňovány provozní požadavky konkrétního provozovatele. [22]

Upřesňování podmínek vychází z platných technických norem, pravidel, instrukcí a nesmí docházet ke zmírňování či obcházení normových podmínek.

V těchto předpisech zpravidla nebývá uvedeno, zda bezvýkopová technologie lze či nelze použít. Případné navržení bezvýkopové technologie však musí splňovat i interní požadavky konkrétního provozovatele. Způsob výstavby navrhovaný v projektové dokumentaci je v průběhu zpracování s provozovateli konzultován.

Jak je již uvedeno, tak tyto předpisy v podstatě nepředepisují, jak stavby realizovat. Konkrétní způsob výstavby je řešen u každé stavby individuálně zejména s ohledem na provozní požadavky.

2.3.5 Ostatní podmínky pro projektování

Posledním faktorem, který do volby způsobu výstavby vstupuje, jsou požadavky orgánů státní správy, správců, provozovatelů, či vlastníků ostatní technické či dopravní infrastruktury a v neposlední řadě i požadavky vlastníků dotčených nemovitostí. Tyto jsou zmíněny jako „ostatní“.

Tyto požadavky nebo podmínky jsou vždy individuální ke konkrétní stavbě a její lokalitě. V některých případech je např. orgány státní správy požadována realizace stavby nebo její části bezvýkopovou technologií.

3. Přehled bezvýkopových metod a soudobé zkušenosti s jejich uplatněním při výstavbě plynových vedení

Jak je již v úvodu zmíněno, bezvýkopové metody jsou metody uložení podzemních vedení takovým způsobem, při němž vůbec nedochází k porušení terénu nad místem jejich uložení nebo dochází pouze k minimálnímu porušení pracovními šachtami, a to startovací a koncovou.

Startovací šachta je určena k umístění zařízení pro provádění bezvýkopové technologie. Z této šachty začíná úsek trasy vrtu, protlaku, štítování atd. na rozdíl od koncové šachty, která je na konci prováděného úseku nebo na konci úseku s ohledem na technické možnosti strojního zařízení nebo trasové poměry. Některé metody vyžadují startovací pozici vrtání ještě před startovací šachtou, ale zpětně vtahované potrubí lze umístit tak, aby začínalo a končilo v těchto pracovních šachtách. [26]

S každodenně rostoucími požadavky na kvalitu inženýrských sítí, a hlavně jejich rychlé provedení, bylo nutností, aby vznikaly technologie výstavby liniových produktovodů bez nutnosti narušit terén, stavby na povrchu jako jsou budovy, komunikace, železnice a jejich provoz.

Z historického hlediska je obor bezvýkopové technologie jedním z nejmladších stavebních oborů. Jde o úzce specifický obor, který si na českém stavebním trhu získal nezastupitelné místo. První bezvýkopové aktivity můžeme datovat do období mezi světovými válkami. Zpočátku se objevovaly technologie kombinující klasické postupy pokládek potrubí s novými bezvýkopovými variantami. Dnes je použití protlačení, podvrtů, mikrotunelování a dalších bezvýkopových metod součástí téměř každého významnějšího projektu liniových staveb. Jejich realizace není při současném rychlém rozvoji strojního vybavení omezená téměř žádnou překážkou. [25]

Počátky používání metod protlačení a mikrotunelování se datují zhruba od 40. let minulého století a jsou značně spojeny s rozvojem hydraulických systémů ve strojírenské praxi. Použití této technologie se zpočátku vázalo výhradně na tzv. klasické protlaky ocelových trub s ručním rozpojováním horniny na čele protlačované roury. Svoje uplatnění nacházela tato technologie hlavně při křižování realizovaných inženýrských sítí s komunikacemi, zejména jednoduché tunelování malých průměrů, u nichž nebylo překopání komunikace a uložení do rýhy možné. [11, 19]

Existují jednoduché tunelovací metody, pod které náleží systémy jako ruční tunelování, nemechanický štít a přímé protlačení. Tyto technologie mají na světě, ale i v České republice dlouhodobou tradici. V 50. letech se začal využívat tzv. „protlačecí krtek“, který byl původně vyvinutý pro vojenské účely. Se zdokonalením hydraulických systémů se v 60. letech objevují na stavbách vrtné soupravy se šnekovým dopravníkem, později vzduchová nebo hydraulická beranidla. [19]

Použití bezvýkopových technologií se v této době stává ve vyspělých zemích běžnou praxí, hlavně v oblastech husté městské zástavby. Postupným zdokonalováním hydraulických systémů se rozsah zavádění produktovodů rozšířil i na velmi velké průměry trub produktovodů používaných pro tranzitní, mezistátní a dálkové plynovody. [19]

Neméně podstatnými informacemi pro volbu použití bezvýkopových technologií jsou následující okolnosti v závislosti na místních podmínkách, například:

- velká hustota ostatních sítí, zejména podzemních sítí, technického vybavení v prostoru stavby. V tomto případě je využití bezvýkopové technologie prakticky nemožné, neboť provozovatelé sítí nesdělují ani negarantují přesnou polohu či hloubku uložení svých zařízení, byť jim to legislativa za povinnost ukládá zákonem č. 183/2006 Sb. Stavební zákon v § 161, odst. 1. V lepším případě je ve vyjádřeních uvedeno, že poloha je pouze orientační a je třeba ji ověřit ručně kopanou sondou. To samé platí i o hloubce uložení. Ani vytyčení v terénu, které se provádí před zahájením stavby, není závazné a hloubku uložení dané sítě mnohdy neurčuje ani orientačně; [30]
- prostorové možnosti v místě stavby a okolí. V případě zatahování přímo plynového potrubí bez chráničky či ochranné trubky, je nutné zhotovit celý zatahovaný úsek potrubí jako jeden kus. Tento kus potrubí bude následně plynule zatahován do vrtu, neboť zatahování nelze provádět po úsecích s několikahodinovými přestávkami.

3.1 Členění bezvýkopových technologií

Bezvýkopové technologie se v základu dělí na novou pokládku a rekonstrukce sítí, přičemž samotné rekonstrukce se člení na dvě základní podskupiny, a to destruktivní a nedestruktivní metody. Nová pokládka sítí se dělí na dvě podskupiny, a to metody bez obsluhy na čelbě, jež se ještě dále dělí na řízené a neřízené, a metody s obsluhou na čelbě. Každá z těchto podskupin je dále zjednodušeně členěna na již samotné jednotlivé technologie.

3.1.1 Rekonstrukce sítí

V této práci je uvedeno pouze základní rozdělení rekonstrukcí sítí na dvě metody. Nejsou zmiňovány jednotlivé technologie metod bezvýkopových sanací potrubí, jelikož nejsou z pravidla používány pro plynová vedení a pokud používána jsou, tak se jedná o nedestruktivní vtažení nového potrubí nižší dimenze. Tyto technologie jsou ve velké míře používány pro jiné produktovody či vedení jako je voda, kanalizace, chráničky elektrických kabelů apod.

Destruktivní metoda:

Jedná se o vtahování nového potrubí při podélné destrukci stávajícího potrubí. V těchto případech lze zatahovat potrubí stejné dimenze či o řád vyšší, než je potrubí stávající.[7]

Nedestruktivní metoda:

Jedná se o vtahování nového potrubí bez podélné destrukce stávajícího potrubí. V těchto případech je zatahováno potrubí menší dimenze do potrubí dimenze větší. [7]

3.1.2 Nová pokládka sítí

Bez obsluhy na čelbě - řízené:

- směrové vrtání (HDD);
- řízené horizontální vrtání;
- mikrotunelování.

Bez obsluhy na čelbě - neřízené:

- propichování;
- vodorovné beranění;
- horizontální vrtání.

S obsluhou na čelbě:

- protlačování - trubní protlak;
- štítování – nemechanizovaný štít;
- ruční ražba.

Základní členění bezvýkopových technologií, které vychází z ČSN EN 12 889 Bezvýkopové provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení, zpřehledňuje následující tabulka 4. [35]

Bezvýkopové technologie			
Nová pokládka sítí			Rekonstrukce sítí
Bez obsluhy na čelbě		S obsluhou na čelbě	Destruktivní
Řízené	Neřízené	Protlačování	
Směrové vrtání (HDD)	Propichování		
Řízené horizontální vrtání	Vodorovné beranění	Štítování	Nedestruktivní
Mikrotunelování	Horizontální vrtání	Ruční ražba	

Tabulka 4 - Bezvýkopové technologie – zjednodušené členění [19]

3.2 Soudobé zkušenosti s uplatněním při výstavbě plynových vedení

Každá z bezvýkopových metod je pro pokládku plynových vedení ve velké míře používána a zkušenosti s použitím jednotlivých technologií jsou závislé na konkrétních místních podmínkách realizovaných staveb. Zkušenosti nelze zobecnit či jednoduše vydefinovat vzhledem ke specifičnosti každé stavby a jejího umístění.

Nejčastěji využívanou bezvýkopovou metodou pro novou pokládku plynových vedení je však technologie směrového vrtání – HDD, tato technologie má s ohledem na geologii široké spektrum použití, a tudíž je velmi rozšířena u veškerých staveb vyjma lokálních podvrtů komunikací, železnic apod. V těchto situacích je nejčastěji využívána metoda propichování. [24, 35]

V případech, kdy je nutné použít chráničku a až následné zatažení plynového potrubí do díla, jsou používány jiné metody jako je trubní protlak, štítování či u velkých profilů děl ruční ražba. [24]

4. Volba vhodných bezvýkopových metod a jejich zdůvodnění

Samotnou volbu metod výstavby podzemního vedení určují následující faktory - požadavky stavby:

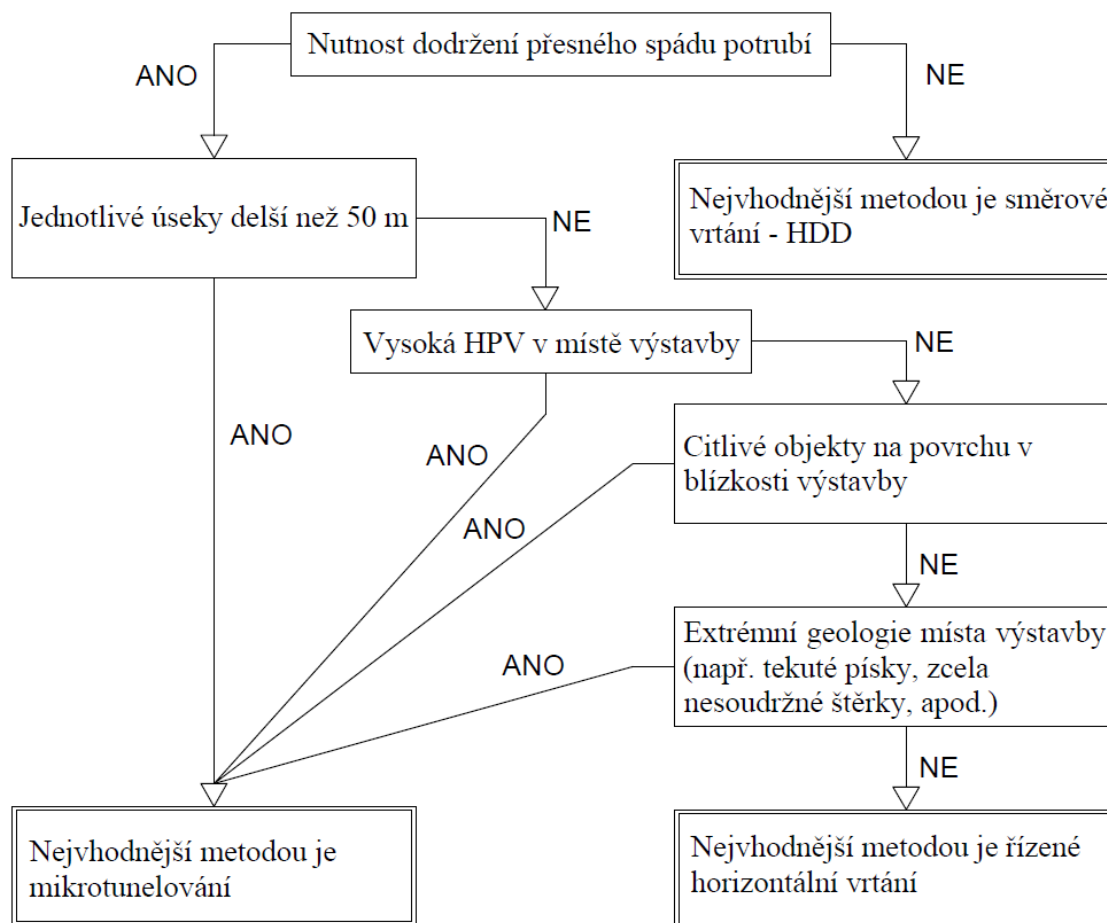
- požadovaná přesnost ve směrovém a výškovém uspořádání;
- blízkost ostatních sítí technického vybavení;
- průměr a materiál trouby;
- délka a směrové vedení trasy zabudovávaného potrubí;
- geologické a hydrogeologické podmínky na trase;
- nejmenší mocnost nadloží;
- stavby a zařízení na povrchu i pod zemí;
- možnosti zásobování;
- související a návazné projekty;
- požadavky z hlediska ochrany životního prostředí.

Podle posouzení veškerých výše uvedených požadavků stavby lze teprve zvolit vhodnou metodu výstavby. Některé z bezvýkopových metod technologicky nedovolují zatahování či zatlačení samotného plynovodu při ražbě, ale jsou ve velké míře používány pro instalaci jejich chrániček, do kterých je plynovod následně zatahován například pomocí navijáků.

Orientační přehled použitelnosti bezvýkopových metod			
metoda	Ø díla (mm)*	délka díla (m)*	geologické podmínky*
řízené metody bez obsluhy na čelbě			
směrové vrtání	až 1200	až stovky	veškeré zeminy, mimo balvanité štěrky bez jemné frakce a měkké skalní horniny do třídy R4, tvrdší horniny nelze bez dodatečné výbavy
horizontálně řízené vrtání	až 1200	až 90 m	veškeré zeminy, mimo balvanité štěrky bez jemné frakce, bobtnavé jíly = délkové omezení, ve zvodnělých zeminách jen se speciálním vybavením (v ČR toto vybavení zatím není)
mikrotunelování	až 2000	až stovky (120 bez mezitlač. stanic)	flexibilní metoda napříč geologií, je třeba rozlišit skalní a zeminovou hlavu, pokud geologie obsahuje zeminy i skalní materiál tak preferujeme skalní hlavu i přes nižší efektivitu v zeminách
neřízené metody bez obsluhy na čelbě			
propichování	až 220	až 25	pouze zeminy, nevhodné do skalnatého prostředí
vodorovné beranění	až 500	až 100	pouze zeminy, nevhodné do bobtnavých zemin
horizontální vrtání	až 800	až 50 - 80	kromě balvanitých, bobtnavých a zvodnělých zemin
metody s obsluhou na čelbě			
trubní protlak	od 800	až 50 - 60	nevhodné do skalnatého prostředí do zvodnělých geologií z důvodu bezpečnosti pracovníků
štítování	obvykle do 3000	až 100	nevhodné do zvodnělého prostředí
ruční ražba	od 2000 x 1000	až 80	flexibilní metoda napříč geologií
* veškeré uvedené parametry nelze jednoduše normalizovat, neboť jsou závislé na geologii, volbě vrtacího či ražícího stroje - jeho výkonu a strojním příslušenství			

Tabulka 5 - Orientační přehled použitelnosti bezvýkopových metod

S volbou řízené bezvýkopové metody bez obsluhy na čelbě, s ohledem na profil, geologii a hladinu podzemní vody, může pomoci jednoduchý diagram na obrázku 4.1 obsahující postupné navedení na tři nejčastěji používané metody pokládky plynových vedení.



Obrázek 4.1 - Zjednodušený proces výběru bezvýkopové technologie [20]

4.1 Metody bez obsluhy na čelbě - řízené

Řízené metody a jejich říditelná zařízení mají možnost kontroly a korekce směru při provádění vrtání nebo protlačování, proto je vhodné použití těchto metod pro výstavbu dlouhých úseků či tam, kde je zapotřebí dodržet vysokou přesnost vrtání. Tato korekce je buďto průběžná (u mikrotunelování), v nastavitelných bodech, které je možno dle potřeby zhušťovat (u HDD) nebo je daná možnostmi správně zaměřeného vodícího vrtu (horizontální vrtání s pilotním vrtem). Ve všech případech je však nutno počítat s výchyly od ideální osy vedení, které vyplývají ze zpoždění korekce vrtání. [7]

Každá z řízených metod má své výhody a nevýhody. Například nejvyšších přesností dosahuje mikrotunelování, u kterého tyto tolerance vyosení od ideální trajektorie nečiní ani na stometrových délkách více než 10 – 20 mm. U HDD se však může jednat o mnohem větší vyosení z ideální trajektorie, která mohou způsobovat problém především u gravitačních vedení. Avšak výhodou HDD je, že lze provést i vyhnutí se podzemním překážkám během

vrtání, což je možné díky extrémní pružnosti používaných vrtných tyčí a vysokým kroutícím momentům. [7, 19]

4.1.1 Směrové vrtání - HDD

V plynárenství nejčastěji využívaná metoda směrového vrtání, všeobecně známá pod zkratkou HDD z anglického názvu Horizontal Directional Drilling. Její proces se dělí na několik základních etap. Nejdříve se řiditelně provede pilotní vrt, naváděný pomocí radiové sondy umístěné ve vrtné hlavici, buď s odtěžením nebo roztláčením zeminy. Odtěžení se provede u nesoudržných zemin hydromechanicky s tryskami na pilotní hlavě a u skalních hornin pomocí vrtného náčiní. Řízení, nebo-li změny směru vrtání, se provádí natočením řídicí desky ve vrtací hlavě. Odtěžovacím médiem je bentonitový výplach, pomocí něhož je vynášen rozvrtaný materiál. Tato směs má také při vrtání stabilizační a lubrikační funkci. Pilotní vrt je v další etapě za použití speciálních rozšiřovacích hlav rozšiřován až na profil požadovaný pro zatažení potrubí toto potrubí současně s finálním rozšiřováním profilu vtahováno do díla. [7]

Metodu je možno realizovat v běžných geologických podmínkách třídy zeminy 1 - 4. Při použití speciálních vrtných hlav i v zeminách třídy 5 – 6. V závislosti na výkonu vrtné soupravy lze realizovat vrty s instalovaným profilem potrubí až 1200 mm a o délkách dle požadavku investora až do 400 m. Limitující poloměr trajektorie potrubí je v podstatě dán možným poloměrem zakřivení vrtných tyčí. Tato hodnota poloměru se z praxe pohybuje mezi 50 a 55 m. [7, 19, 23]

Minimální požadované rozměry startovací šachty jsou šířka 1,5 m a délka 2 m a koncové šachty šířka 1 m a délka 2 m. V obou případech je požadovaná hloubka šachty 0,3 m pod osu potrubí. [23]

Požadavky na manipulační prostory:

U startovací jámy je zapotřebí mít vrtací soupravu v ose vrtu. Rozměry vrtací soupravy jsou délka cca 8 m, šířka cca 3,5 m plus prostor na tzv. „předpich“, což je vzdálenost, kterou potřebuje souprava pro zavrtání na požadovanou hloubku ve startovací jámě (závisí tedy na hloubce protlaku). Např. při hloubce protlaku 2 m je zapotřebí mít volný prostor mezi startovací šachtou a vrtnou soupravou alespoň 6 - 7 m.

V blízkosti cca do 50 m od startovací šachty je nutné mít přistaven nákladní vůz pro míchání bentonitové směsi, separační zařízení a sací bagr.

Za koncovou šachtou v ose potrubí musí být dostatečná vzdálenost pro zatahování potrubí do protlaku. Je-li potrubí v návinu, nejsou požadavky velké. Pokud se ovšem jedná o potrubí větších rozměrů, tak je svařováno ve volném prostoru za cílovou jámou (šachtou) a požadavky na prostor, zejména délkové, jsou větší. Svařována je celá délka zatahovaného potrubí nebo se potrubí svařuje po částech. [7, 19]



Obrázek 4.2 - Rozšiřovací hlava a zatahované plynové potrubí v pracovní šachtě [9]

Využití:

Metodu je možné aplikovat na až stovky metrů dlouhá potrubí (záleží na volbě vrtacího stroje a jeho kroutícím momentu) a všude tam, kde je potřeba instalovat potrubí a není nutno dodržovat velmi přesný spád.

Geologické podmínky:

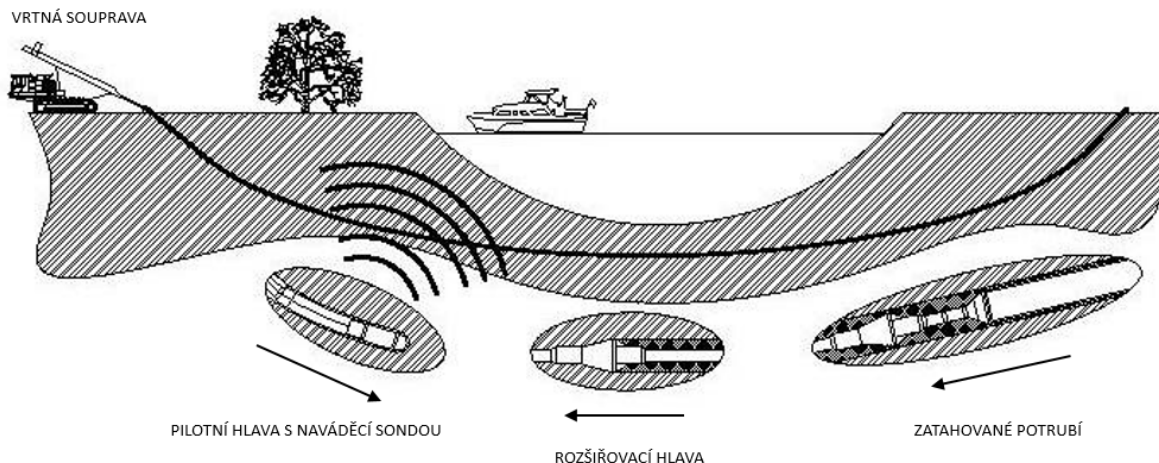
Metoda se dá použít takřka ve všech typech zemin. U nesoudržných zemin bývá nutné použití stabilizátorů a do skalního prostředí se zařízení doplňuje o tzv. mud motory, které při vrtání poskytují vrtné hlavici dodatečnou energii.

Výhody:

Relativně jednoduchá manipulace a flexibilita, široké spektrum průměrů potrubí a vysoká rychlost vrtání. Výhodou pro plynová vedení je možnost zatažení potrubí v jednom kuse, tím zajištění požadavků na izolaci spojů a rychlá instalace již předem vyrobeného potrubí.

Nevýhody:

Korekce vrtání způsobují zvlnění vrtaného profilu, takže je zpravidla problém dodržet plynulý spád. Další nevýhodou jsou také velké požadavky na manipulační prostor u startovací a koncové šachty.



Obrázek 4.3 - Schéma směrového vrtání – horizontálně naváděného vrtání - HDD [7]

4.1.2 Řízené horizontální vrtání s pilotním vrtem

U metody řízeného horizontálního vrtání s pilotním vrtem se nejdříve řízeně provádí samotný pilotní vrt, který pokud je správně zaměřen, tak se v dalších krocích rozšiřuje horizontálním vrtáním až na požadovaný průměr a zároveň se zatlačuje ocelové potrubí. Toto potrubí může sloužit jako produktovod či chránička. Odtěžení z trouby probíhá šnekovým dopravníkem.



Obrázek 4.4 - Stroj pro řízené horizontální vrtání Minibor I/II – vytěžování zeminy šnekovým dopravníkem [13]

Využití:

Instalace potrubí o průměru 100 - 1200 mm na vzdálenosti do 60 - 90 m.

Geologické podmínky:

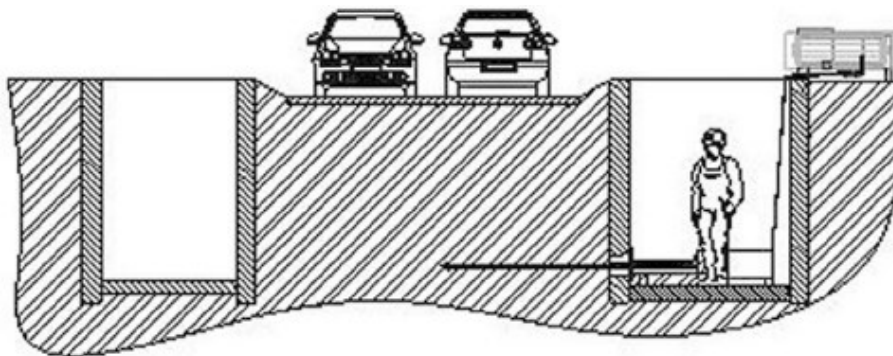
Metoda je vhodná do všech druhů soudržných zemin. Problém může nastat, není-li možno udržet stabilitu pilotního vrtu v nesoudržných poměrech.

Výhody:

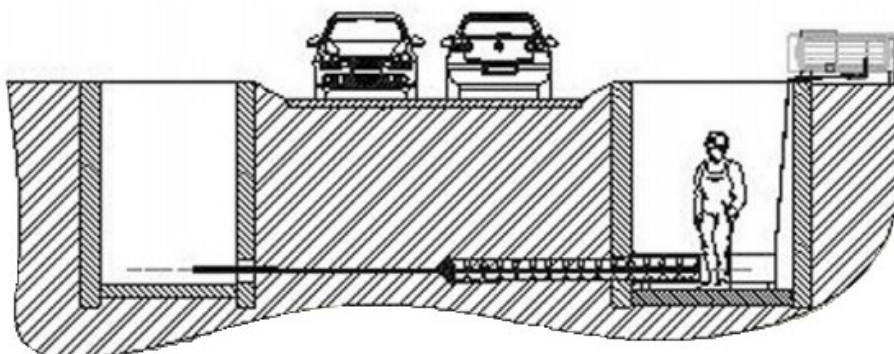
Velkou výhodou metody je realizace pilotního vrtu. Při případném zmaření pilotního vrtu jsou tedy náklady nižší než v případě zmaření hlavního vrtu.

Nevýhody:

Nevýhodou metody je vyšší pracnost a nižší rychlost provádění. Významnou nevýhodou je postupné napojování potrubí ve startovací šachtě a s tím spojená časová náročnost na provedení spoje dle požadavků pro plynová vedení.



Obrázek 4.5 - Schéma horizontálního vrtání s pilotním předvrtem – pilotní předvrt [7]



Obrázek 4.6 - Schéma horizontálního vrtání s pilotním vrtem – rozšiřování pilotního předvrtu potrubím se šnekovým odtěžením [7]

4.1.3 Mikrotunelování

Jedná se o dálkově řízenou jednostupňovou metodu, kterou se zatlačují produktové trouby nebo chráničky a plně mechanizovaný razicí stroj pomocí tlačného zařízení se současným úplným odtěžováním zeminy a s neustálou oporou čelby. Dříve bylo mikrotunelování ohraničeno průměrem trub 1000 mm, avšak v dnešní době již technický pokrok umožňuje tuto metodu rozšířit i o profily větších rozměrů.

Trouby se umísťují postupně za razicí stroj a jsou zatlačovány tlačným zařízením ve startovací šachtě pomocí tlačných sil, případně ještě s využitím mezitlačných stanic.

Zaměření se děje pomocí laserového paprsku procházejícím potrubím až na vrtnou hlavu nebo gyroskopem či vodní váhou. Přizpůsobování směru se děje hydraulickým ovládáním řídicí hlavy.

Poznávacím znakem této metody je plně mechanizovaný stroj za vrtnou hlavou. Na povrchu se nachází pouze řídicí jednotka a zařízení k separaci těženého materiálu a jeho odvozu. Dalším znakem je způsob odtěžení, kdy odtěžovaná zemina je drcena drtiči v mikrotunelovací hlavě stroje na menší kusy a dále pomocí suspenze vyplachována potrubím na povrch do separačního zařízení. [7, 19]



Obrázek 4.7 – Pohled do startovací šachty - na mikrotunelovací stroj ISEKI s vrtnou hlavou do měkkých zemin a tlačné zařízení [5]

Využití:

Vzhledem k dosahovaným přesnostem je nejtypičtějším využitím výstavba gravitačních stok a drenážních kolektorů. V plynárenství je metoda používána k velmi dlouhým instalacím, kdy je nutné dodržet vysokou přesnost trasy vedení.

Geologické podmínky:

Metoda je vhodná pro veškeré typy zemin včetně extrémně zvodnělých. Nasazení ve skalním prostředí je podmíněno aplikací skalní hlavy ve správném provedení.

Výhody:

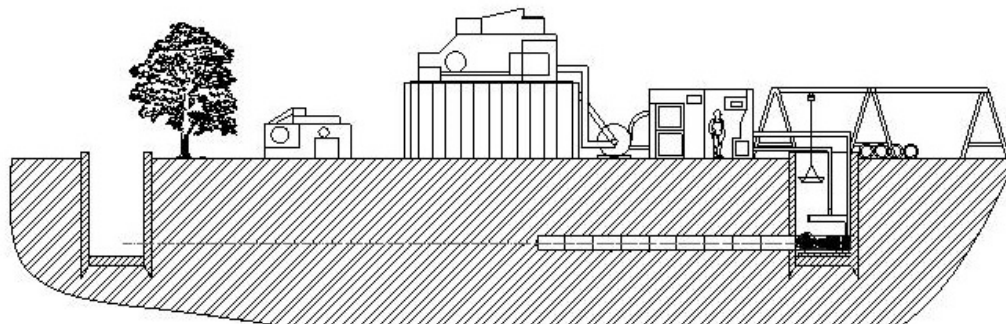
Metoda má výhodu vysoké přesnosti a razícího výkonu 10 až 20 m/den. Rovněž je velkou výhodou možnost nasazení v proměnlivých, obtížných geologických a hydrogeologických podmínkách a šetrnost k okolní zástavbě.

Nevýhody:

Nevýhodami metody jsou vyšší provozní náklady, větší zábor na povrchu v případě separace výplachu a postupné napojování potrubí ve startovací šachtě, s čímž je spojená časová náročnost na provedení spoje dle požadavků pro plynová vedení.

Mikrotunelování s výplachovým odtěžením:

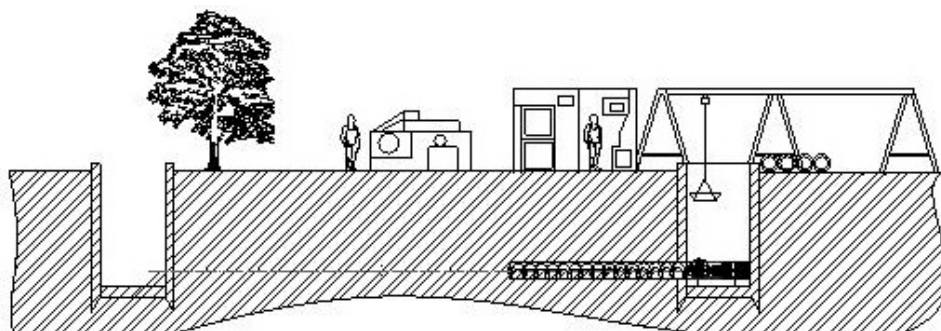
Dnes se většinou využívá mikrotunelování s výplachovým odtěžením, které je nejuniverzálnější z pohledu různorodé geologie. Odtěžená zemina se zde odvádí hydraulicky pomocí transportního média do separačního zařízení (např. usazovací nádrže, případně i síta, cyklóny apod.), kde dochází k separaci materiálu. Druh a kvalita transportního média, které zároveň slouží jako stabilizátor čelby, se určí podle půdních podmínek a poměrů na stavbě. [7, 19, 20]



Obrázek 4.8 - Schéma mikrotunelování s výplachovým odtěžením [7]

Mikrotunelování se šnekovým odtěžením:

Odtěžení zeminy se provádí šnekem, který se nachází ve zvláštní pomocné troubě. Hlava razicího stroje i šnek určený k vytahování natěžené zeminy se pohánějí ze startovací jámy. Jsou možné i oddělené pohony. V soudržných zeminách pevné konzistence se může ražbě pomoci s odtěžením přivedením vody na čelbu. V silně zvodnělém prostředí jsou žádoucí další opatření tak, aby nedošlo k zaplavení startovací šachty a technologie. Metoda je o něco citlivější na změny geologie, délky nasazení a také se hůře stabilizuje čelba. Proto se používá spíše na úseky do cca 80 až 90 m ve stejnoměrném geologickém prostředí. [7, 19, 20]



Obrázek 4.9 - Schéma mikrotunelování se šnekovým odtěžením [7]

4.2 Metody bez obsluhy na čelbě - neřízené

Při metodách bez obsluhy se v prostoru potrubí ani v prostorech razicího stroje nenachází žádná lidská osádka. Existují však podmínky pro případné mimořádné vstupy osádky do potrubí. Doplňkově se metody bez obsluhy na čelbě mohou dělit na metody s roztlačáním zeminy a s odběrem zeminy.

Neřiditelné metody nemají zpravidla jinou možnost korekce vrtaného směru než správným ustanovením zařízení ve startovacím prostoru před samotným začátkem razících prací. Přesnost a směr vedení jsou u neřízených metod ovlivňovány vlastnostmi horninového prostředí. Tato nemožnost řízení protlaku omezuje jejich využití při větších vzdálenostech a všude tam, kde je zapotřebí dodržet vysokou přesnost instalace či je zapotřebí vyhnout se překážkám.

4.2.1 Propichování

Metodou propichování nazýváme metody zemních raket či zemních kladiv. Jedná se o propichování zeminy na sucho, bez použití výplachu či jakékoliv směsi či vody

k rozpojování zemin. S pomocí ramovací energie (pohon stlačeným vzduchem či hydraulikou) se zemina roztlačuje působením kuželovité hlavy zemní rakety. Potrubí se zatahuje buď současně s propichováním hned za zemní raketou, nebo také při dostatečně soudržných zeminách dodatečným zatažením. Požadované nadloží je desetinásobkem průměru zemní rakety. [7]



Obrázek 4.10 - Startovací pozice zemní rakety, ustanovení rakety [6]

Využití:

Metodu je vhodné použít pro zatahování potrubí menších průřezů (do 220 mm) na kratší vzdálenosti (do cca 25 m), např. pod komunikacemi.

Geologické podmínky:

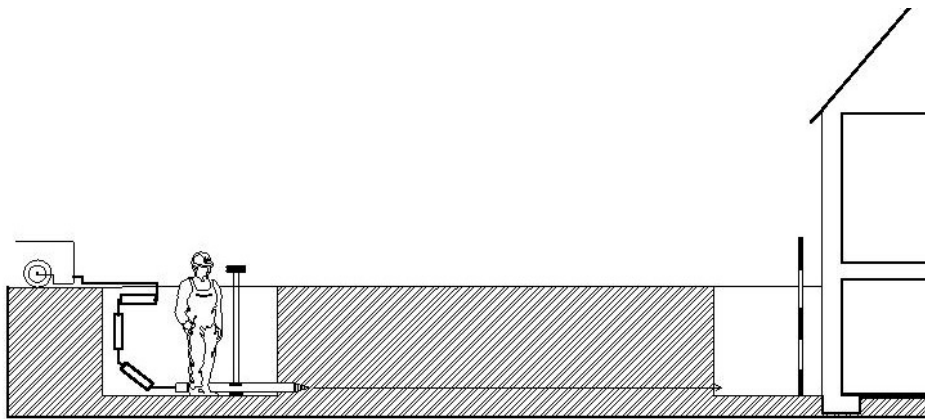
Použití metody je možné v běžných zeminách a v měkkých zvětralých horninách. Ve skalním prostředí je nutné použití kladiv.

Výhody:

Výhodami jsou nízké náklady, flexibilita, snadná manipulace a rychlost provádění. Přínosem jsou také malé požadavky na prostor u startovací a koncové šachty.

Nevýhody:

Nevýhodami metody jsou malá přesnost, omezení na krátké úseky a malé průřezy do cca 220 mm.



Obrázek 4.11 - Propichování - zemní raketa [7]

4.2.2 Vodorovné beranění

Vodorovné beranění se dělí na dvě různé metody. Jednou z metod je protlačení trouby zeminou, přičemž trouba - ve výsledku chránička nebo produktová roura - má zaslepené čelo a tím při beranění dochází k roztlačení zeminy. U druhé metody dochází k protlačení trouby s otevřeným čelem, tudíž je zemina po dokončení beranění v troubě a musí z ní být následně odstraněna.



Obrázek 4.12 - Vodorovné beranění stlačeným vzduchem - vrtný systém Grundorill [12]

Využití:

Metoda je nejčastěji využívána při podcházení násypů, terénních nerovností a překážek pro různé produktové trouby. V plynárenství je využívána i pro instalaci chráničků na krátké vzdálenosti.

Geologické podmínky:

Metoda je využitelná ve všech druzích zemin. Hraniční je využití vodorovného beranění v bobtnavých jílovitých zeminách.

Výhody:

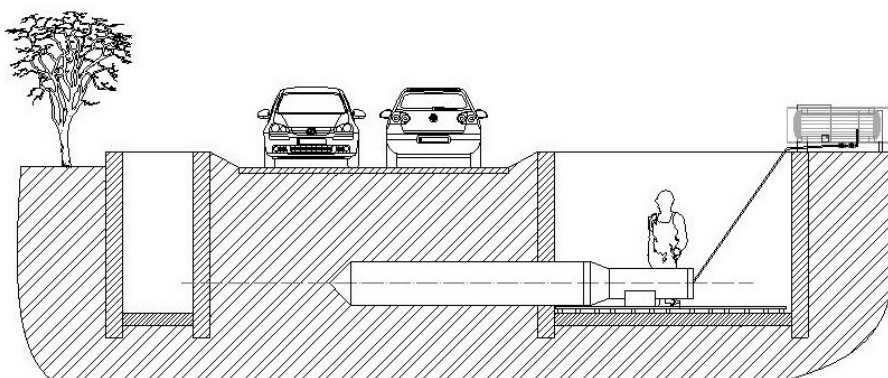
Hlavní výhodou vodorovného beranění to, že není zapotřebí opěrný blok ve startovací šachtě. Velkou výhodou metody je vysoká rychlost provádění, jednoduchost a malé požadavky na prostor v okolí šachet.

Nevýhody:

U této metody je nevýhodou omezení na průměry do 300 - 500 mm dle podmínek a existence rázů při beranění může mít vliv na okolí či provoz na povrchu. Významnou nevýhodou je postupné napojování potrubí ve startovací šachtě a s tím spojená časová náročnost na provedení spoje dle požadavků pro plynová vedení.

Trouba se zaslepeným čelem:

Při použití metody vodorovného beranění trouby se zaslepeným čelem je svařené potrubí zaháněno do země beranící energií nebo zatlačováním. Půda je roztlačována zaslepeným kónickým čelem.

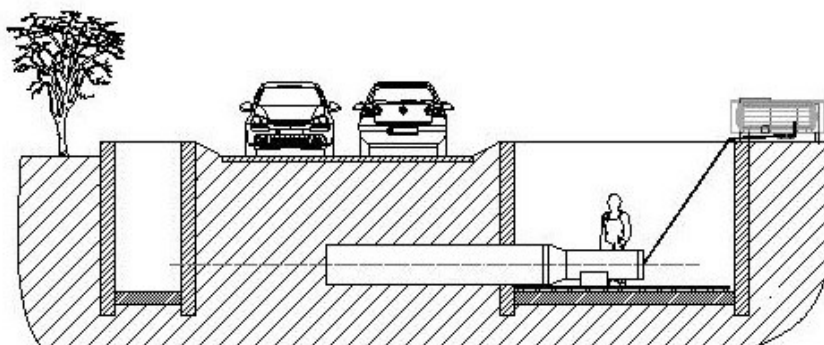


Obrázek 4.13 - Schéma vodorovného beranění trouby s uzavřeným čelem [7]

Trouba s otevřeným čelem:

U metody vodorovného beranění trouby s otevřeným čelem se potrubí zatlačuje do země pomocí ramovací energie nebo méně často u kratších délek potrubí pomocí protlačování. Zemina, která se zaberaněním dostává dovnitř trouby, je po ukončení zatlačování hydraulicky vytlačena, může být vyplachována vodou či je odvrtávána šnekovým vrtákem. Je možné také

vytlačení pomocí stlačeného vzduchu, ale jen menších profilů do 500 mm a s dodržáním odpovídajících bezpečnostních požadavků.

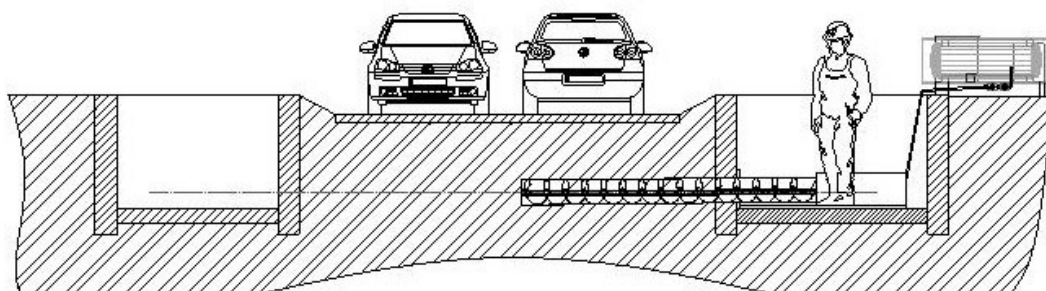


Obrázek 4.14 - Schéma vodorovného beranění trouby s otevřeným čelem [7]

4.2.3 Horizontální vrtání

Horizontální vrtání aplikuje prvky vrtání ve vodorovné rovině. Většinou se kombinuje se zatlačováním roury, přičemž vrtná hlava na čele vytváří prostor pro další postup. Ocelová trouba (chránička nebo produktová trouba) se zahání do země pomocí tlačného zařízení, přičemž na čelbě provádí výlom řezná hlava a odtěžení je zajišťováno šnekovým vynášením. Pohon hlavy se nachází ve startovací jámě a přenos se provádí přes šnekový vynášec. Startovací šachty této metody jsou velkých velikostí - často větších než 2,5 x 7 m. [7]

Volba vrtné hlavy se řídí dle půdních podmínek na stavbě. Jako vrtná hlava se může použít i tzv. ponorné kladivo.



Obrázek 4.15 - Schéma horizontálního vrtání s protlačováním [7]

Využití:

Metoda je používána k instalaci potrubí pro podzemní vedení plynu, vody a v omezeném rozsahu (kratší vzdálenosti, velké spády) i kanalizace. Přesnost této metody se pohybuje okolo 1 % délky protlaku.

Geologické podmínky:

Metoda je vhodná pro různé druhy zemin, přičemž omezení existují v bobtnavých jílech, zvodnělém a balvanitém prostředí.

Výhody:

Jedná se o rychlou a efektivní metodu. Výhodou je okamžitá stabilizace vrtu během vrtání.

Nevýhody:

Nevýhodou metody je omezení průměrů cca od 300 mm do cca 1200 mm a o délkách provádění do 50 – 80 m dle podmínek a průměru. Metoda vyžaduje velké velikosti startovacích šachet. Významnou nevýhodou je postupné napojování potrubí ve startovací šachtě a s tím spojená časová náročnost provedení spoje dle požadavků pro plynová vedení.



Obrázek 4.16 - Horizontální vrtání se šnekovým unašečem, čištění dokončeného protlaku ocelového potrubí - vytahování šnekových unašečů, vrtná souprava American Augers 60-120 Turbo [27]

4.3 Metody s obsluhou na čelbě

Při těchto metodách jsou používána strojní zařízení, která vyžadují, že se v podzemí pohybují pracovníci jako součást technologie provádění. K tomu je nezbytné, aby světlý průměr díla byl minimálně 800 mm a u delších protlaků než 50 m je minimální průměr 1000 mm. V případě ručních protlaků se jedná o technologii neřízenou. Ostatní metody umožňují směrové korekce a jsou tedy říditelné. Volbu metody výstavby ovlivňují především geologické podmínky v trase díla. Metoda trubního protlaku a štítování je především vhodná do zemin a metoda ruční ražby nemá geologické omezení. Metody s obsluhou na čelbě umožňují použití trhačích prací v pevných horninách. [7, 9]

4.3.1 Trubní protlak

Při hydraulickém protlačování ocelového potrubí se vtlačuje ocelová trubka či chránička do horniny při současném ručním odtěžování horniny uvnitř této trubky. Rubanina je odtěžována na čele protlaku, je nakládána do vozíku a následně vyvážena ven do startovací jámy (šachty) vnitřkem chráničky a odtud zvedacím zařízením přepravována na povrch přímo k odvozu nebo na skládku. Po zatlačení celé délky trouby se zvedacím zařízením vloží do startovací šachty další trouba, jež je svařována s již zatlačenou troubou. Tento postup se opakuje až do provedení celého protlaku. [7]

Pro zmenšení plášťového tření mezi vnějším povrchem trubky a horninou může být na vnější povrch trubky v přední části navařen ocelový prstenec - břit o síle cca 10 mm. Prstenec navařený na vnitřní stěnu trubky zlepšit těžitelnost v případě, kdy se jedná o soudržnou horninu. Před ocelovým prstencem může být v horní části trouby vytvořen tzv. štítek, což je zkosení čelní plochy tak, že vytváří zakrytý prostor pro pracovníka a tím dochází k bezpečnějšímu odtěžování zeminy. Sílu potřebnou k zatlačování čela trubky do horniny a k překonání tření vnějšího pláště o horninu vyvozuje tlačné zařízení s přímočarým hydromotorem, jenž je umístěné v zadní části startovací šachty. Tlačné zařízení působí na zadní čelo trubky přes nastavitelné nástavce a tlačný pražec a zatlačuje ji. [7]

Ve zvodnělém prostředí jsou žádoucí další opatření jako je čerpání vody, zpevnění zeminového masivu apod. Ve velmi zvodnělém prostředí může docházet k samovolnému propadávání potrubí (chráničky) vlivem vlastní hmotnosti.

Rychlost ražení protlaku se v poměrně vysokých přesnostech pohybuje v rozmezí od 1 až 5 m/den. [23]

Významnou část nákladů (z důvodu minimální mechanizace na čelbě) tvoří u této metody lidská práce.



Obrázek 4.17 - Trubní protlak ocelové chráničky DN 800 MM a ruční rozpojování zeminy pomocí pneumatického kladiva a odvoz vozíky – Praha Hrnčíře [23]

Využití:

Metoda je využitelná pro instalaci chrániček - průlezných profilů nad DN 800 mm do vzdálenosti 50 až 60 m.

Geologické podmínky:

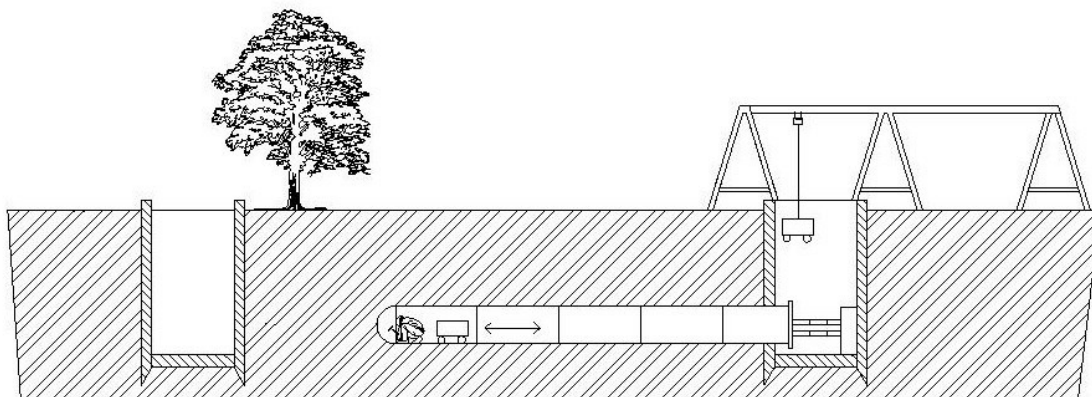
Metoda je vhodná pro všechny druhy půd, mimo půdy v prostředí s vydatnými přítoky vod. Metoda není vhodná do pevného skalního prostředí.

Výhody:

Výhodami jsou nízké náklady v porovnání s ostatními bezvýkopovými metodami, možnost odstranění překážek z čelby a malé riziko poškození případných dalších sítí v trase díla.

Nevýhody:

Nevýhodami metody jsou rizika spojená s přítomností pracovníků v malém profilu na čelbě, velká pracnost a nemožnost instalovat rovnou produktovou troubu v případě jakéhokoli produktovodu.

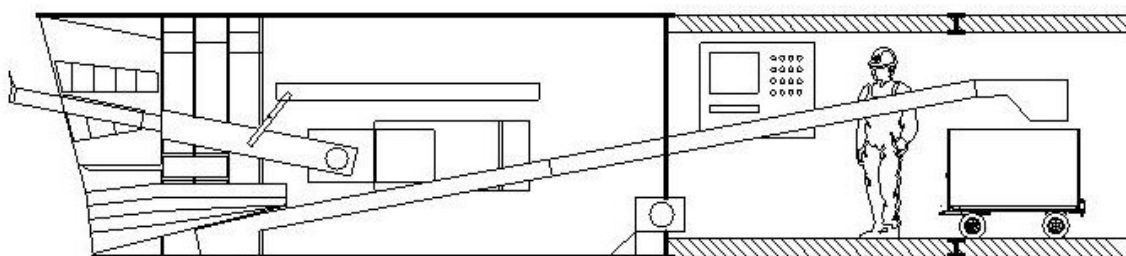


Obrázek 4.18 - Schéma trubního protlaku s ručním odtěžením [7]

4.3.2 Štítování

Dříve velmi používaná technologie avšak v dnešní době rozvoje vyspělejších metod tunelování se používá čím dál tím méně. Technologie štítování se používá při ražení v průchodných profilech. Podchody se provádí pomocí kompletně či částečně mechanizovaných nebo nemechanizovaných razících štítů, kdy následně probíhá odtěžování zeminy z razícího štítu a vybudování ostění štoly ze železobetonových segmentů. Při změně geologických podmínek lze v průběhu ražby demontovat a vyměnit nevyhovující štít za štít, jenž bude do nové geologie vhodnější. [7, 10, 19]

Takto vyražené štoly jsou vybavovány produktovým potrubím, popř. slouží jako kolektory pro větší množství inženýrských sítí.



Obrázek 4.19 - Schéma štítu s částečným odtěžením a stabilizací [7]

Využití:

Metoda je využívána pro ražbu chrániček velkých průměrů pro hlavní produktové řády a přivaděče na větší vzdálenosti. V plynárenství se u této metody jedná o ražbu až několik set metrů dlouhých podzemních prostor pro technologii k dodávce plynu, tato metoda není výhradně určená pouze k vytváření chrániček pro plynová vedení. [10]

Geologické podmínky:

Metodu je vhodná k použití ve všech druzích půd, ovšem ve zvodnělém prostředí jsou nutná dodatečná opatření.

Výhody:

Výhodami metody jsou lepší kvalita technologie, větší bezpečnost, kultura práce a rychlejší postupy proti klasické ražbě nebo ručnímu protlačování. Oproti mikrotunelování má metoda výhodu nižších nákladů.

Nevýhody:

U metody existují jistá omezení daná geologií a problémy s netěsnostmi panelového ostění.

Kompletně mechanizované štíty:

Základem mechanizovaného štítu je frézová hlava poháněná elektromotory. Tato fréza rozpojuje zeminu zároveň na celé ploše čelby. Kompletně mechanizované frézy jsou výkonné stroje, které při ražení štol postupují rychlostí i několik desítek metrů za den. Vzhledem k vysokým výkonům, jakožto i dlouhé době montáže a demontáže, se nasazuje metoda na minimální délky štol alespoň několik stovek metrů. [19]



Obrázek 4.20 - Plně mechanizovaný štít [15]

Částečně mechanizované štíty:

V částečně nemechanizovaných štítech je zemina na čelbě rozpojována mechanismy, jenž pracují na hydraulicky ovládaném výložníku. Štítem rozpojená zemina padá na nakládací plošinu a odtud je odvážena pásovým dopravníkem k vozíkům. Pojezd vozíků zabezpečují

lanové navijáky nebo akumulátorové motory. Metoda je vhodná pro ražení až několik stovek metrů dlouhých štol. [19]



Obrázek 4.21 - Částečně mechanizovaný štít s tunelovou frézou RŠF-1 [16]

Nemechanizované štíty:

U metody je zemina odtěžována z otevřené čelby ručně nebo pomocí částečné mechanizace. Pokud je čelba stabilní, není třeba provádět její stabilizaci. Stroj se skládá z pláště a případně rozpojovacího nářadí. Nejpracnější operací při nemechanizovaném štítování je nakládání rozpojené zeminy, která je nakládána například na pásy nebo vozíky odvázející materiál z díla. Pokud je zapotřebí stabilizace čelby, provádí se mechanicky pomocí výztužných desek nebo ploten. Riziko vícevýlomů lze eliminovat úpravami štítu nebo dodatečnými předsazenými noži či hydraulicky rozpínavými segmenty. [19]



Obrázek 4.22 - Pohled na čelbu ražby nemechanizovaným štítem [14]

4.3.3 Ruční ražba

Jedná se o ražbu ručně prováděnou, tzv. klasická ražba s přítomností lidí v čelbě díla. Rozpojování se provádí ručně, sbíjecími kladivy a pomocí mechanických nakladačů se dopravuje vozy nebo dopravníky k těžním jámám. Při ruční ražbě lze použít i trhací práce. Výztuž může být podpěrná (veřeje, ocelové profily, nosníky) nebo s využitím prvků Nové rakouské tunelovací metody (stříkaný beton, kotvení, mřížovina, drátkobeton atp.). Různé mohou být typy pažení (ocelové celoplošné, betonové, dřevěné, mřížovina, atp.) a ochrana předpolí (zavrtávané tyče, injektáž, mikropiloty, hnané pažení, aj.). Do vyraženého díla se zpravidla ukládají potřebné trubní rozvody a zbylý prostor se buďto zalije výplňovou směsí (např. popílkocement) nebo slouží v případě kolektorů k pochůzkám údržby. [7, 19]



Obrázek 4.23 - Ruční ražba [23]

Využití:

Metoda je využívána při výstavbě v podmínkách složité geologie a v prostorově stísněných podmínkách, kdy není možno vybudovat zázemí pro náročnější technologii. V plynárenství je ruční ražba využívána ke krátkým dílům ve skalním masivu, do kterého následně prochází samotné plynové potrubí jakéhokoli materiálu.

Geologické podmínky:

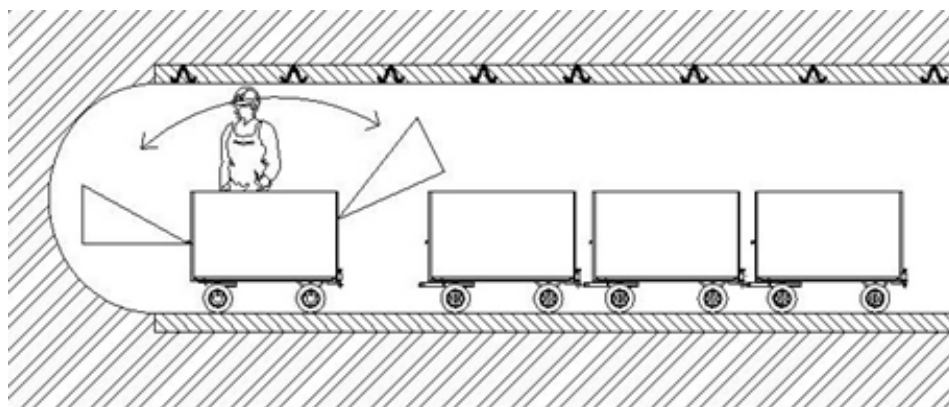
Ruční ražbu lze provádět prakticky v jakýchkoliv geologických podmínkách. S využitím trhacích prací lze metodu použít i ve skalním prostředí, což může být limitováno v oblastech, kdy by mohlo dojít k ovlivnění povrchové zástavby, zejména z důvodů nízkého krytí.

Výhody:

Uvedená metoda se dá dobře doplňovat a kombinovat dalšími podpůrnými metodami, tudíž je většinou dosti flexibilní a odolná proti náhlým změnám geologického prostředí.

Nevýhody:

Nevýhodami jsou velká pracnost, malé denní postupy a velké nárůsty nákladů v případě zhoršení geologických poměrů.



Obrázek 4.24 - Schéma ruční ražby [7]

5. Zpracování návrhové studie technologie provedení plynového vedení

V této kapitole je zpracována návrhová studie technologie výstavby nového plynového vedení pod korytem řeky. Jedná se o přeložku plynovodního řadu v místě, kde se jeho trasa kříží s řekou. Nově navržené vedení pod korytem řeky má za úkol nahradit nadzemní přechod stávajícího plynovodu vedoucí přes koryto řeky Dřevnice v obci Otrokovice ve Zlínském kraji. Stávající nadzemní přechod je nutné nahradit z důvodu požadavku na vyřešení problému špatného stavu jeho konstrukce. Tento ocelový nadzemní přechod se železobetonovým založením na březích řeky slouží pouze jako podpora plynového vedení. Jako nejvhodnější řešení situace se jeví demolice konstrukce nadzemního přechodu a následné provedení podchodu plynového vedení bezvýkopovou technologií, čímž vznikl požadavek na návrhovou studii této stavby. Demontáže a demolice stávajícího VTL plynovodu DN 400 a samotné nosné konstrukce včetně založení nejsou předmětem této návrhové studie.

Volba vhodné bezvýkopové metody pro každou stavbu musí probíhat s ohledem na profil produktovodu, jeho trasu, místní obecné i geologické poměry a hladinu podzemní vody. Pokud zohledníme veškeré faktory stavby, jež jsou uvedeny níže v technické zprávě, připadají do úvahy pouze řízené bezvýkopové metody bez obsluhy na čelbě, což je směrové vrtání – HDD, horizontální řízené vrtání nebo mikrotunelování.

U všech výše zmíněných metod můžeme zjednodušeně brát v potaz, že jsou z hlediska cenové nákladnosti srovnatelné, jelikož všechny tyto metody potřebují velmi podobný počet obsluhujících pracovníků a také finanční amortizace strojů je obdobná. Z čehož vyplývá, že nelze jednu, druhou či třetí variantu preferovat z důvodu ceny za provedené dílo, jako tomu často bývá. Mnohem rozumnější a vhodnější úvahou je zohlednění volby vyhovující bezvýkopové technologie pouze dle jejích rizik a míry těchto rizik při výstavbě.

Mikrotunelování:

Velmi významným důvodem k vyřazení použití mikrotunelovacího stroje pro danou stavbu je složitost geologických poměrů stavby. Nelze vyloučit, že se nebude pod korytem řeky nacházet překážka v podobě cizího tělesa nebo bludného balvanu. Z tohoto důvodu by mohlo dojít k uvíznutí nebo poškození tunelovacího stroje. Uvíznutí stroje pod korytem řeky je velmi závažné riziko a míra tohoto rizika je také hodně vysoká. Vyproštění tunelovacího stroje je velmi finančně nákladnou a složitou činností. Tato rizika nelze banalizovat ani eliminovat bez dodatečného podrobnějšího inženýrskogeologického průzkumu trasy díla. Z tohoto důvodu lze tuto metodu pro danou stavbu vyloučit.

Řízené horizontální vrtání:

Podle IG průzkumu lze předpokládat, že bude docházet k instalaci potrubí ve vrstvách pod hladinou podzemní vody s volnou i napjatou hladinou a jejími výrony na čelbě. Dle geologické zprávy lze očekávat značné přítoky vody již do pracovních šachet a je zde významné riziko protržení nestabilního dna řeky a zatopení pracovního prostoru pro tlačné a vrtací technologie a tím i obsluhující posádku. V České republice zatím žádný dodavatel řízeného horizontálního vrtání nedisponuje příslušným zařízením, které by umožnilo eliminaci rizik a vrtání v podmínkách, jaké jsou u dané stavby. Tato rizika nelze banalizovat ani eliminovat, proto lze tuto metodu opět vyloučit.

Směrové vrtání:

Varianta směrového vrtání - HDD - lze považovat za nejbezpečnější metodu s nejmenším počtem rizik a nejnižší závažností rizik provádění tohoto podvrtu. Použitím dané technologie nevznikají závažná rizika jako například zaplavení posádky obsluhující vrtací technologii a není zde vysoká pravděpodobnost poškození vrtacího stroje a jeho příslušenství případnými průvaly vody jako u ostatních vybraných metod. V návrhu je zvolena tato technologie, neboť geologické podmínky i podmínky na staveništi to umožňují.



Obrázek 5.1 - Letecký snímek lokality budoucí stavby – nadzemní přechod plynovodu přes řeku Dřevnici [17]

Nedílnou součástí návrhové studie bezvýkopové technologie je technická zpráva a výkres č.1 - Podvrt řeky Dřevnice – směrové vrtání – HDD.

5.1 Technická zpráva k návrhové studii bezvýkopové technologie

Informace o stavbě:

Název stavby: Reko VTL Dřevnice – nadzemní přechod
Lokalita stavby: k.ú. Tečovice, Malenovice u Zlína, Kvítkovice u Otrokovic
Kraj: Zlínský
Stupeň: Návrhová studie technologie provedení nového plynového vedení
Předmět dokumentace: Plynárenské zařízení za účelem distribuční soustavy zemního plynu

Údaje o stavebníkovi - investorovi:

GasNet, s.r.o. – člen innogy, Klíšská 940, 401 17 Ústí nad Labem, IČ: 272 95 567

Zhotovitel:

Dodavatel kompletní stavby RM Gas, s.r.o., Záhumení 325, 763 10 Hvozdná

Dodavatel bezvýkopových prací: Michlovský-protlaky, a.s., Salaš 99, 763 51 Zlín

Předmět projektu:

Projekt řeší realizaci nového podchodu vysokotlakého plynovodu pod řekou Dřevnicí a demontáž stávajícího nadzemního přechodu. Stavba má být realizována v k.ú. Tečovice, Malenovice u Zlína a Kvítkovice u Otrokovic. Mimo koryto řeky bude potrubí procházet i pod protipovodňovou hrází.

Přeložka začíná napojením na stávající plynovodní potrubí VTL DN 400 mm na pravém břehu toku, na pozemku p.č. 874/22 v k.ú. Tečovice a končí rovněž napojením na stávající potrubí na levém břehu na pozemku p.č. 2052/17 v k.ú. Malenovice u Zlína.

Trasa přeložky je navržena pod vodním tokem s minimálním krytím 1,5 m pode dnem řeky. Nové potrubí je navrženo o 5,5 m východněji (proti toku řeky), než se nachází stávající trasa plynovodu.

Vzhledem k tomu, že v daném místě na levém břehu řeky Dřevnice se nachází i odbočka jiného vedení VTL DN 150 mm, bude při realizaci přeložena i příslušná část tohoto plynovodu, toto přeložení není předmětem návrhové studie bezvýkopové technologie, celá

příslušná část bude realizována ve výkopu. Dále se v trase nachází jiné podzemní vedení a to sdělovací kabel E.ON. Toto vedení není v trase plánované bezvýkopové technologie instalovaného potrubí, ale bude na staveništi vytyčeno a označeno.

Seznam vstupních podkladů:

Před započítáním prací na návrhové studii bylo nutné provést průzkum trasy. Celkový průzkum trasy byl v prvotní fázi omezen pouze na pochůzku po trase plynovodu s určením vhodnosti terénu a nutnosti respektovat požadavky dotčeného území.

Parametry potrubí:

Celková délka produktovodu DN 400 mm od napojení po napojení na stávající potrubí je 72 metrů. Ocelová trouba VTL plynovodu s PE izolací a vláknito-cementovou ochranou v délce 6 m vytváří svařenec o délce 66 m pro jednofázové zatáhnutí bezvýkopovou technologií do vývrtu mezi koncovou a startovací šachtu. Zbylé úseky napojení budou instalovány ve výkopech do pískového lože a nejsou předmětem návrhové studie. Svary budou zkontrolovány, natřeny třívrstevným nátěrem a opatřeny maltovou páskou.

Zákonné podmínky:

Vzhledem k tomu, že řízený vrt pod vodním tokem je delší než 30 m, spadají tyto práce mezi činnosti prováděné hornickým způsobem (zák. č. 61/1988 Sb., § 3). K této činnosti musí mít právnická nebo fyzická osoba platné oprávnění vydané OBÚ. Před zahájením vrtných prací je povinnost ohlásit práce příslušnému OBÚ v místě provádění. Na tuto činnost se vztahuje vyhláška ČBÚ č. 55/1996, o požadavcích k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu při činnosti prováděné hornickým způsobem, přičemž dle §2, odst. 2., písm. c) se jedná o drobné podzemní dílo a startovací a koncová jáma je stavební šachta. [23, 24]

Geologické podmínky staveniště:

Pro účely stavby bylo provedeno inženýrsko-geologické a hydrogeologické prozkoumání zájmového území. Bylo provedeno na základě rešeršních studií, studií archivních materiálů a byly provedeny dvě vrtané sondy v trase díla. Jedna z vrtaných sond byla na pravém břehu a druhá na levém břehu řeky, jelikož se dá předpokládat stejnorodost geologie v trase díla. Strategicky byly sondy umístěny do trasy díla, ale mimo startovací

a koncovou šachtu, jelikož tyto dvě šachty můžou sloužit jako doplňující sondy a mohou být dodatečným prvkem pro potvrzení či vyvrácení geologie z vrtů.

VRT 1L	
hloubka	zemina
0,0 – 0,5 m	Humózní hlína
0,5 - 2,8 m	Hlína písčité až jíl písčité
2,8 - 9,1 m	Štěrka písčité slabě zahliněná
9,1 - 10,0 m	Jílovec

Tabulka 6 - Výsledky vrtané sondy - Dřevnice vrt 1L[23, 24]

VRT 2P	
hloubka	zemina
0,0 - 0,8 m	Humózní hlína
0,8 - 3,1 m	Hlína písčitá
3,1 - 5,6 m	Jíl písčité s polohami jílového písku a štěrku
5,6 - 8,5 m	Štěrka písčité slabě zahliněná

Tabulka 7 - Výsledky vrtané sondy - Dřevnice vrt 2P[23, 24]

Vyhodnocení z geologického průzkumu:

Vzhledem ke zjištěným geologickým podmínkám lze bez problémů provést přechod vodoteče bezvýkopovou technologií.

Převážná část horizontálního řízeného vrtu bude provedena v mocnosti štěrku písčitého slabě zahliněného a celá část vrtu bude pod hladinou podzemní vody. Převládajícím půdním prostředím budou konkrétně terasové štěrky, slabě zahliněné, drobnozrnné až hrubozrnné, s valouny do 5-8cm, méně až do 10 cm, (G3 G-F, G3 – S3). Tyto štěrky v trase podvrtu představují hlavní vodonosný kolektor, jenž je jinak zespoda i z povrchu překrytý nepropustnými vrstvami a může tak obsahovat podzemní vodu s volnou i napjatou hladinou. Nelze předem odhadnout infiltraci do výrubu. [23, 24]

Předběžné zařazení zemin a hornin v pracovní hloubce je dle již neplatné normy ČSN 73 3050: Třída 2 - 20 % a třída 3 - 80 %. Dle nové platné normy ČSN 73 6133 (platnost od 1.2.2010): Jedná se o 100% zastoupení zeminami I. třídy - viz tab. D.1 na str. 63 uvedené normy. [23, 24]

Inženýrské sítě:

Před započítím realizace stavby je nutno provést na povrchu přesné vyznačení všech podzemních vedení. Při nemožnosti vytyčení inženýrských sítí jednotlivými správci sítí budou provedeny sondy pro zjištění polohy a hloubky těchto vedení, což není součástí dodávky řízeného vrtu (provede zhotovitel plynovodů).

Volba bezvýkopové technologie:

Vhodnost dostupných a vyhovujících bezvýkopových metod byla konzultována s investorem, projektantem a zhotovitelem stavby dle veškerých požadavků a skutečností. V počáteční fázi vstupovaly do úvahy řízené bezvýkopové metody bez obsluhy na čelbě, a to směrové vrtání, horizontálně řízené vrtání a mikrotunelování. Všechny tyto metody byly zváženy na základě rizik a byla vybrána nejvhodnější metoda směrového vrtání – horizontal directional drilling z důvodu obav z nestabilního dna řeky Dřevnice, kdy by mohlo dojít k protrhnutí hráze a tím k zatopení pracovních šachet.

Předpokládané parametry horizontální vrtací soupravy včetně příslušenství:

- Min. tažné síly: 18 tun
- Min. krouticí moment: 7 000 Nm
- Únosnosti materiálu trubek, max. dovolené tlačné síly, hmotnosti, výrobce, aj. dle typu soupravy a technologie
- Max. dovolené zakřivení a tažné síly potrubí budou součástí technologického postupu dodavatele zpracovaného před zahájením prací

Informace o technologii dodavatele:

Prováděcí vrtný stroj Vermeer 75-100 firmy Michlovský-protlaky, a.s.

- Hmotnost stroje: 16,6 t
- Rozměry stroje: délka 9,1; šířka 2,4; výška 3,1 m
- Tažné síly 30 tun a krouticí moment 13600 Nm
- Použité tyče: kované tyče délky 4,57 m o průměru 10 cm
- Odtěžovací médium: tlak 62 barů a maximální průtok stroje 570 l/min

Spouštění, chod a směrové vedení vrtné soupravy a ostatních technologických částí bude zajišťovat operátor dodavatelské firmy - pracovník proškolený výrobcem zařízení a písemně oprávněný zhotovitelem k samostatnému řízení stroje.

Vytyčení:

Souřadnice pro vytyčení zemního řízeného podvrtu včetně lomových bodů VTL plynovodů budou obsaženy v geodetické zprávě a před započítím prací bude geodetem stavba vytyčena. Geodetická zpráva bude předmětem projektové dokumentace od báňského projektanta a není součástí návrhové studie technologie.

Popis prací:

Nejdříve se zabezpečí okolí kolem stavebních šachet, prostor k dovozu potřebné technologie a materiálu a samotné skladování potřebného materiálu k vrtání a k výstavbě.

Prvním bodem prací je skrývka ornice v místě výkopů pro pracovní šachty a jeho 3m okolí do všech stran o mocnosti 0,3 m. Ornice bude uskladněna pro zpětnou rekultivaci.

Na obou březích budou vyznačeny a na úroveň podzemní vody vyhloubeny stavební jámy se sklonem svahů 1:1. Do těchto jam se zabírají vedle sebe štětovnice Larsen, spojeny pomocí zámků tak, aby do stavebních jam nevnikala voda. Poté se vyhloubí vlastní startovací a koncová šachta. Výřezy pro potrubí budou provedeny až bezprostředně před vrtáním. Pro odčerpávání vody z těchto montážních šachet budou v jejich dnech zapaženy čerpací jímky.

Vybudovány budou dvě šachty, startovací a koncová:

- Startovací zapažená jáma řízeného vrtání o rozměrech 3 (dl.) x 3,0 (š.) x 6 (hl.) m umístěná na pozemku p.č. 874/22 v k.ú. Tečovice
- Koncová zapažená jáma řízeného vrtání o rozměrech 5 (dl.) x 3 (š.) x 6 (hl.) m umístěná na pozemku p.č. 2052/17 v k.ú. Malenovice u Zlína; do koncové šachty bude od hloubky 5 m v ose vrtu provedeno svahování o délce 15 m pro uložení potrubí k zatahování

Obě jámy (šachty) budou paženy štětovnicemi. Odvodnění šachet bude zajištěno zapaženou čerpací jímkou o rozměru 0,5 x 0,5 x 0,5 m, která bude umístěna v rohu šachty (mimo zpevnění dna šachty). Zpevnění dna každé šachty bude provedeno pokládkou železobetonových panelů. Zapažení šachet bude provedeno pomocí štětovnic Larsen, opřenými o výztužný rám z válcovaných profilů.

Přístup do šachet bude umožněn pomocí žebříků. Bezpečnostní opatření bude dodrženo tím, že šachty budou řádně označeny a opatřeny zábradlím po celém obvodu. V prostoru 3,0 m od hrany každé šachty nebude skladován výkopek ani žádné předměty. Do prostoru šachet a jejich těsné blízkosti (min. 3,0 m od hrany šachty) bude povolen vstup pouze pracovníkům montážní organizace (dodavatel zemních prací a pažení, dodavatel řízeného podvrtu, dodavatel montážních prací na plynovodu). Pracovní prostor bude řádně označen s vyznačením zákazu vstupu nepovolaným osobám. Bezpečnostní opatření v prostoru šachet se bude řídit dle technologického postupu dodavatele stavby.

Projekt podchodu se skládá kromě bezvýkopové výstavby i z části instalací potrubí ve výkopu. Umístění vedení do výkopu je nutné kvůli velkému převýšení potrubí z důvodu docílení napojení na stávající plynovod a také napojení dalšího stávajícího potrubí VTL DN 150. Část instalovaná ve výkopu není předmětem návrhové studie. Mezi vybudovanými šachtami (startovací a koncovou šachtou) bude instalace vedení provedena bezvýkopovou metodou směrového vrtání – HDD. Předem nachystané ocelové plynové potrubí DN 400 mm s délkou svařence 66 m bude vtahováno z koncové šachty.

V ose vrtání bude ustanoven vrtací stroj Vermeer 75-100 ve vzdálenosti cca 25 m za startovací šachtou z důvodu tzv. „předpichu“ a tím docílení požadované hloubky ve startovací šachtě a co nejvodorovnějšího vrtu mezi startovací a koncovou šachtou. Potrubí v pracovních šachtách bude uloženo v hloubce cca 5 m, upřesnění bude stanoveno dodavatelem bezvýkopových prací. Vrtání bude naváděno pomocí radiové sondy umístěné ve vrtné hlavici a měřicího přístroje. Vrt bude proveden ze startovací do koncové jámy v mírném horizontálním oblouku, přičemž minimální krytí pode dnem koryta řeky musí být 1,5 m.

Za koncovou šachtou bude v předem vykopané rýze v ose vrtu jeřábovými vozy umístěn svařenec potrubí. Rýha bude spádována z povrchu až k předpokládané hloubce potrubí v koncové šachtě v délce 15 m.

Po vyvrtání předvrtu bude vrt zpětně rozšiřován rozšiřovací hlavou s bentonitovým výplachem a zároveň vtahováno potrubí. Při velkém množství bentonitové směsi s vodou v pracovních šachtách bude povolán sací bagr a suspenze bude odčerpávána tak, aby nedošlo k zaplavení šachet.

Po dokončení zatahování bude nutné vyčerpat veškerou suspenzi z pracovních šachet, aby byly připraveny shybky potrubí pro napojení na stávající plynovod.

Likvidace jámy bude provedena tím způsobem, že po provedení zemního řízení vrtu a montážních prací na plynovodu bude šachta zasypána vykopaným materiálem, který bude řádně hutněn maximálně po 300 mm. Přebytný výkopek bude plynule odvážen na skládku. Při zásypu šachty bude postupně likvidováno pažení a čerpací šachta. Po provedení zásypu budou veškeré povrchy zpětně upraveny vrstvou skryté ornice v tl. 0,3 m a osety travní směsí.

Bezpečnostní opatření a ochrana zdraví:

V pracovním prostoru vrtné soupravy včetně prostoru, který je příslušenstvím vrtné soupravy, je nutno dodržovat veškeré bezpečnostní předpisy, vyhlášky, předpisy a návody pro obsluhu a údržbu zařízení.

Během výstavby je nutno provést opatření k zamezení vstupu nepovolaných osob do prostoru staveniště, řádně označit pracovní oblast, zamezit možnému pádu osob do rýhy zábradlím, přechody přes výkopy zajistit pomocí provizorních mostů a veškeré obnažené inženýrské sítě ochránit proti poškození.

Do pracovního prostoru je zahrnuto (do tohoto prostoru je zakázán vstup nepovolaným osobám):

- Ložní plocha nákladního automobilu a přívěsu (na ploše nákladních automobilů je míchací centrum obsluhované pracovníky čtyř podvrtů) a prostor ohraničený dosahem hydraulické ruky (případně jeřábu, nemá-li dodavatel vrtu k dispozici automobil s hydraulickou rukou)
- Prostor kolem vrtné soupravy ohraničený varovnými oranžovými kužely včetně příslušenství
- Startovací a cílové jámy (šachty) včetně manipulačního prostoru
- Pracovní oblast vymezená pro dopravu a svařování potrubí - montážní pruh, jehož délka odpovídá délce vrtu a je široký 5,0 m
- Pruh v ose prováděného vrtu v šíři 3,0 m, kde je prováděno měření polohy vrtné hlavy

Označení trasy plynovodu:

Křížení plynovodního řadu a řeky Dřevnice bude na obou březích vyznačeno orientačními sloupky.



Obrázek 5.2 - Vrtný stroj Vermeer 75-100 firmy Michlovský-protlaky, a.s. při provádění pilotního vrtu metodou směrového vrtání - HDD [24]

6. Závěr

Náplní diplomové práce bylo zpřehlednění bezvýkopových metod vhodných pro pokládku plynových vedení a vymezení rozsahu jejich aplikace. V práci byla popsána plynová vedení, jejich klasifikace s ohledem na tlak v potrubí, konstrukce plynových vedení a materiály, se kterými souvisí spojování a ochrana potrubí. Práce se také zabývala závaznými podmínkami pro umístování plynových vedení, jejich ochranná pásma, navrhování a výstavbu.

Ačkoliv práce rozebírá podrobně používané bezvýkopové metody v plynárenství, tak technologie uvedené v diplomové práci nejsou určeny pouze pro plynová vedení. Všechny bezvýkopové technologie jsou univerzální a nezáleží u nich na druhu produktovodu. Výše jsou uvedené rozdíly mezi nimi, soudobé zkušenosti s uplatněním při výstavbě plynových vedení, obecné výhody či nevýhody a vhodnost použití s ohledem na geometrii potrubí a geologii místa výstavby. V úvodu kapitoly 4 je uvedená tabulka č. 5, jež může sloužit ke stručnému zpřehlednění využitelnosti jednotlivých technologií.

Na základě vyhodnocení informací o bezvýkopových metodách je zřejmé, že jejich využití zatím není normativně určitelné. Je nutné posuzovat každou stavbu plynovodu individuálně, jelikož do úvahy o určení nejvhodnější metody vstupuje mnoho proměnných, jako je průměr a délka potrubí, požadovaná přesnost provádění, volba vrtacího stroje a místní podmínky - geologické a hydrogeologické poměry, blízkost ostatních sítí technického vybavení, požadovaný tvar trasy vedení, blízkost staveb či zařízení na povrchu i pod povrchem, požadovaná minimální a maximální mocnost nadloží.

V diplomové práci byla rovněž zpracována návrhová studie technologie provedení plynového vedení. Jedná se o podvrt koryta řeky Dřevnice ocelovým potrubím plynovodu. Návrhová studie byla zpracovávána v době, kdy samotná stavba již byla zdárně dokončena - metodou směrového vrtání. V projektové dokumentaci od báňského projektanta ovšem byla navržena metoda horizontálně řízeného vrtání. Avšak v technické zprávě Zadávací projektové dokumentace se vyskytuje několik nepřesných termínů týkající se volby metody a popisu provádění. Úkolem návrhové studie bylo provést objektivní výběr vhodné prováděcí metody nezávisle na již existující Zadávací projektové dokumentaci včetně technické zprávy a kvůli nepoužitelnosti těchto dokumentů vypracovat zcela nově technickou zprávu a výkresovou dokumentaci k návrhové studii bezvýkopové metody. Vzhledem k požadavkům na stavbu a geologickým podmínkám trasy díla byla s ohledem na rizika a závažnost těchto

rizik navržena metoda směrového vrtání – HDD, k čemuž nakonec dospěl i zhotovitel, jelikož Zadávací projektová dokumentace byla zmatená a před započítím stavby bylo nutno přehodnotit navrženou metodu bezvýkopové technologie.

Využití bezvýkopových technologií je často levnější, v každém případě časově méně náročný a ve všech ohledech ekologičtější způsob výstavby podzemních vedení. Tento obor se stává velmi perspektivním a je jen otázkou času, kdy managementy měst a obcí začnou nebo budou muset začít bezvýkopové technologie ještě více upřednostňovat nad klasickou metodou otevřeného výkopu. Zpracování ucelených nástrojů v podobě kvalitních legislativních předpisů, technických norem a kvalitních firemních podkladů může být prvním krokem k většímu rozvoji bezvýkopových technologií.

Poděkování

Rád bych poděkoval všem, kteří mě podporovali při studiu a tvorbě diplomové práce. Zejména děkuji mé rodině a přátelům za nejen psychickou podporu. Také doc. Ing. Karlovi Vojtasíkovi, CSc. za vedení diplomové práce, Ing. Karlovi Franczykovi, Ph.D., Ing. Janu Bartákovi a firmě Michlovský – protlaky, a.s. za poskytnuté materiály, konzultace a cenné rady.

7. Seznam použitých pramenů

Internetové zdroje

- [1] Přeložka VTL plynovodů I6 Karlovy Vary. *TIMA Karlovy Vary* [online]. Karlovy Vary, 2017 [cit. 2017-11-27]. Dostupné z: <https://www.tima.cz/reference/prelozka-vtl-plynovodu-i6-k-vary/>
- [2] Rekonstrukce plynovodního potrubí. *TZB-info* [online]. Karlovy Vary, 2017 [cit. 2017-11-27]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-plynem/13280-rekonstrukce-plynovodniho-potrubu-v-bohdalecke-ulici-v-praze>
- [3] Elektrotvarovky velkých dimenzí FRIALEN XL. *TZB-info* [online]. Praha, 2017 [cit. 2017-11-27]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/potrubni-trasy-vodovod/14584-elektrotvarovky-velkych-dimenzi-frialen-xl>
- [4] Gazprom completes second string of Minsk - Vilnius - Kaunas - Kaliningrad gas pipeline. *Gazprom* [online]. Moscow, 2017 [cit. 2017-11-27]. Dostupné z: <http://www.gazprom.com/press/news/2009/september/article67831/>
- [5] The Planning, Construction of Microtunneling Projects. *Trenchless technology* [online]. Brecksville, 2017 [cit. 2017-11-27]. Dostupné z: <https://trenchlesstechnology.com/planning-construction-microtunneling-projects/>
- [6] Pneumatický zemní protlak - Therma MAX K 130 S. *Rozdolský výkopové práce* [online]. Frýdek-Místek, 2017 [cit. 2017-11-27]. Dostupné z: <http://www.vykopove-prace-fm.cz/pneumaticky-zemni-protlak-therma-max-k130s/>
- [7] Česká společnost pro bezvýkopové technologie. *CzSTT* [online]. Frýdek-Místek, 2017 [cit. 2017-11-27]. Dostupné z: <http://www.czstt.cz/sites/default/files/1.2012-2.brozura.pdf>
- [8] Teorie a praxe při výstavbě VTL plynovodů ze sklolaminátových potrubních systémů STAR. *Slovgas* [online]. Bratislava, 2017 [cit. 2017-11-27]. Dostupné z: http://spnz.sk/stara_stranka/Casopis/03_06/03_06_05.htm
- [9] Horizontální řízené protlaky, podvrty, vrty. *POPELKA, Řízené protlaky - řízené podvrty* [online]. Praha, 2017 [cit. 2017-11-27]. Dostupné z: <http://rizene-protlaky.webnode.cz/technologie/>
- [10] Česká tunelářská asociace. *CzTA* [online]. Praha, 2017 [cit. 2017-11-27]. Dostupné z: <http://www.ita-aites.cz/files/tunel/2005/2/tunel-0502-2.pdf>
- [11] Technika a technologie hlubinného vrtání. *Geologie VŠB* [online]. Ostrava, 2017 [cit. 2017-11-27]. Dostupné z: <http://geologie.vsb.cz/TECHHLDOB/hlubinneVrtani/vrtani/vrtnePraceStavebnictvi.htm>

- [12] Protlaky – mikrotunelování. *Tlak Smolik s.r.o.* [online]. Praha, 2017 [cit. 2017-11-27]. Dostupné z: <http://www.smolik.cz/cs/sluzby/protlaky-pod-komunikacemi/>
- [13] Zařízení pro neřízené a řízené horizontální vrty „pit launch“ Minibor I/II. *Filamos s.r.o.* [online]. Příbram, 2017 [cit. 2017-11-27]. Dostupné z: <http://www.filamos.de/baumaschinen/vrtaci-soupravy/minibor/>
- [14] Štítování - technologie ražení podchodů velkých profilů, razicí štíty, kolektory inženýrských sítí. *STAVOREAL Brno, spol. s r. o.* [online]. Brno, 2017 [cit. 2017-11-27]. Dostupné z: <http://www.protlaky-mikrotunelovani.cz/sluzby-mikrotunelaz-protlaky-hloubeni-pazeni-sachet-stitovani-razba-stol/stitovani-technologie-razeni-podchodu-velkych-profilu-razici-stity-kolektory-inzenyrske-site/>
- [15] *IDNES.cz* [online]. Praha, 2017 [cit. 2017-11-27]. Dostupné z: https://1gr.cz/fotky/idnes/12/102/cl6/REZ467fd0_a_IMG_7752.jpg
- [16] Vývoj podzemního stavitelství v České republice. *Silnice - železnice* [online]. Ostrava, 2017 [cit. 2017-11-27]. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/vyvoj-podzemniho-stavitelstvi-v-ceske-republice/%3Cp%3EAdditionally,%20a%20404%20Not%20Found>
- [17] *Google Maps* [online]. Praha, 2017 [cit. 2017-11-27]. Dostupné z: <https://www.google.cz/maps/@49.2088527,17.5615423,178m/data=!3m1!1e3?hl=cs>

Literatura

- [18] KLEPSATEL, F., MAŘÍK, L. *Městské podzemní stavby*, 1. české vydání. Bratislava: Jaga, 2005. 285 s. ISBN 80 -8076 -021 -7.
- [19] KLEPSATEL, F., RACLAVSKÝ, J. *Bezvýkopová výstavba a obnova podzemních vedení*. 1. české vydání. Bratislava: JAGA GROUP, spol. s r.o., 2007. 144 s. ISBN 978 -80 -8076 -053 -3.
- [20] FRANCZYK, K. *Vybrané problémy mikrotunelování*. Ostrava, 2008. 108 s., 16 s. příl. Disertační práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. Fakulta stavební, Katedra geotechniky a podzemního stavitelství. Vedoucí práce prof. Ing. Aldorf Josef, DrSc.
- [21] RACLAVSKÝ, Jaroslav. *Slovník pojmů ve výstavbě bezvýkopové technologie*. Praha: Informační centrum ČKAIT, spol. s r.o., 2004. 128 s. ISBN 80 -86769 -24 -0.
- [22] Interní zdroj firmy Innogy, innogy Grid Holding.
- [23] Interní zdroj firmy Michlovský - protlaky, a.s.
- [24] Interní zdroj Ing. Karla Franczyka, Ph.D.

- [25] BEZROUK, Jiří a kolektiv autorů. *Zásady pro využití bezvýkopových technologií v oboru vodovodů a kanalizací*. Praha: Medim, spol. s.r.o., 2008. 144 s. ISBN 978 -80 - 87140 -07 -9.
- [26] RACLAVSKÝ, Jaroslav. *Slovník pojmů ve výstavbě bezvýkopové technologie*. Praha: Informační centrum ČKAIT, spol. s r.o., 2004. 128 s. ISBN 80 -86769 -24 -0.
- [27] Interní zdroj firmy Hydrotechnik Praha spol. s r.o., Fotografie.

Legislativní předpisy, normy a technická pravidla

- [28] Zákon č. 13/1997 Sb. ze dne 23. ledna 1997, o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 3. ISSN 1211-1244.
- [29] Zákon č. 458/2000 Sb. ze dne 28. listopadu 2000, energetický zákon, ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 131. ISSN 1211-1244.
- [30] Zákon č. 183/2006 Sb. ze dne 14. března 2006, o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 63. ISSN 1211-1244.
- [31] Vyhláška č. 48/1982 Sb. ze dne 15. dubna 1982, kterou se stanoví základní požadavky k zajištění bezpečnosti práce, ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 9. ISSN 1211-1244.
- [32] Nařízení vlády č. 101/2005 Sb. ze dne 26. ledna 2005, o podrobnějších požadavcích na pracoviště a pracovní prostředí. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 30. ISSN 1211-1244.
- [33] ČSN EN ISO 3183. *Naftový a plynárenský průmysl – Ocelové trubky pro potrubní přepravní systémy*. Praha: Český normalizační institut, 2014. Třídící znak 421907.
- [34] ČSN EN 1555-1. *Plastové potrubní systémy pro rozvod plyných paliv – Polyethylen (PE) – Část 1: Všeobecně*. Praha: Český normalizační institut, 2011. Třídící znak 646412.
- [35] ČSN EN 12889. *Bezvýkopové provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení*. Praha: Český normalizační institut, 2001. Třídící znak 756115.
- [36] ČSN EN 12007-1. *Zařízení pro zásobování plynem – Plynovody s nejvyšším provozním tlakem do 16 bar včetně – Část 1: Obecné funkční požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2013. Třídící znak 386413.
- [37] ČSN EN 12007-2. *Zařízení pro zásobování plynem – Plynovody s nejvyšším provozním tlakem do 16 bar včetně – Část 2: Specifické funkční požadavky pro polyethylen (nejvyšší provozní tlak do 10 bar včetně)*. Praha: Český normalizační institut, 2013. Třídící znak 386413.

- [38] ČSN EN 12007-3. *Zařízení pro zásobování plynem – Plynovody s nejvyšším provozním tlakem do 16 bar včetně – Část 3: Specifické funkční požadavky pro ocel*. Praha: Český normalizační institut, 2015. Třídící znak 386413.
- [39] ČSN EN 12007-4. *Zařízení pro zásobování plynem – Plynovody s nejvyšším provozním tlakem do 16 bar včetně – Část 4: Specifické funkční požadavky pro rekonstrukce*. Praha: Český normalizační institut, 2013. Třídící znak 386413.
- [40] ČSN EN 1594. *Zařízení pro zásobování plynem – Plynovody s nejvyšším provozním tlakem nad 16 bar – Funkční požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2014. Třídící znak 386410.
- [41] ČSN 75 6230. *Podchody stok a kanalizačních přípojek pod dráhou a pozemní komunikací*. Praha: Český normalizační institut, 1998. Třídící znak 756230.
- [42] ČSN 73 6005. *Prostorové uspořádání sítí technického vybavení*. Praha: Český normalizační institut, 1994. Třídící znak 736005.
- [43] ČSN 73 0039. *Navrhování objektů na poddolovaném území*. Praha: Český normalizační institut, 2015. Třídící znak 730039.
- [44] TPG 702 01. *Plynovody a přípojky z polyethylenu*. Praha: GAS s.r.o., 2017. Třídící znak 380702.
- [45] TPG 702 04. *Plynovody a přípojky z oceli s nejvyšším provozním tlakem do 100 barů včetně*. Praha: GAS s.r.o., 2014. Třídící znak 380702.
- [46] Zákon č. 61/1988 Sb. ze dne 21. dubna 1988, o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 10. ISSN 1211-1244.

8. Seznam tabulek

Tabulka 1 - Nejmenší dovolené vzdálenosti při souběhu (křížení) plynovodního potrubí (středotlak a nízkotlak) a jiných vybraných podzemních sítí, v m [42]	19
Tabulka 2 - Nejmenší dovolené vzdálenosti při souběhu (křížení) plynovodního potrubí (vysokotlak) a jiných vybraných podzemních sítí, v m [45]	20
Tabulka 3 - Hodnoty přirozených ohybů ocelových potrubí dle TPG 702 04 [45]	21
Tabulka 4 - Bezvýkopové technologie – zjednodušené členění [19]	26
Tabulka 5 - Orientační přehled použitelnosti bezvýkopových metod	28
Tabulka 6 - Výsledky vrtané sondy - Dřevnice vrt 1L[23, 24]	53
Tabulka 7 - Výsledky vrtané sondy - Dřevnice vrt 2P[23, 24]	53

9. Seznam obrázků

Obrázek 2.1 - Svařování ocelového potrubí [4]	13
Obrázek 2.2 - Svařování PE-HD potrubí na tupo [2]	14
Obrázek 2.3 - Eletrotvarovka[3].....	14
Obrázek 2.4 - Sklolaminátové potrubí s distančním prstencem vtahováno do ocelové chráničky [8]	15
Obrázek 2.5 - Ocelová chránička ocelového a PE potrubí a jejich ukončení[1].....	16
Obrázek 4.1 - Zjednodušený proces výběru bezvýkopové technologie [20]	29
Obrázek 4.2 - Rozšiřovací hlava a zatahované plynové potrubí v pracovní šachtě [9]	31
Obrázek 4.3 - Schéma směrového vrtání – horizontálně naváděného vrtání - HDD [7]	32
Obrázek 4.4 - Stroj pro řízené horizontální vrtání Minibor I/II – vytěžování zeminy šnekovým dopravníkem [13].....	32
Obrázek 4.5 - Schéma horizontálního vrtání s pilotním předvrtem – pilotní předvrt [7]	33
Obrázek 4.6 - Schéma horizontálního vrtání s pilotním vrtem – rozšiřování pilotního předvrtu potrubím se šnekovým odtěžením [7]	33
Obrázek 4.7 – Pohled do startovací šachty - na mikrotunelovací stroj ISEKI s vrtnou hlavou do měkkých zemin a tlačné zařízení [5]	34
Obrázek 4.8 - Schéma mikrotunelování s výplachovým odtěžením [7]	35
Obrázek 4.9 - Schéma mikrotunelování se šnekovým odtěžením [7].....	36
Obrázek 4.10 - Startovací pozice zemní rakety, ustanovení rakety [6].....	37
Obrázek 4.11 - Propichování - zemní raketa [7]	38
Obrázek 4.12 - Vodorovné beranění stlačeným vzduchem - vrtný systém Grundorill [12]	38
Obrázek 4.13 - Schéma vodorovného beranění trouby s uzavřeným čelem [7].....	39
Obrázek 4.14 - Schéma vodorovného beranění trouby s otevřeným čelem [7]	40
Obrázek 4.15 - Schéma horizontálního vrtání s protlačováním [7]	40

Obrázek 4.16 - Horizontální vrtání se šnekovým unašečem, čištění dokončeného protlaku ocelového potrubí - vytahování šnekových unašečů, vrtná souprava American Augers 60-120 Turbo [27]	41
Obrázek 4.17 - Trubní protlak ocelové chráničky DN 800 MM a ruční rozpojování zeminy pomocí pneumatického kladiva a odvoz vozíky – Praha Hrnčáře [23]	43
Obrázek 4.18 - Schéma trubního protlaku s ručním odtěžením [7]	44
Obrázek 4.19 - Schéma štítu s částečným odtěžením a stabilizací [7]	44
Obrázek 4.20 - Plně mechanizovaný štít [15]	45
Obrázek 4.21 - Částečně mechanizovaný štít s tunelovou frézou RŠF-1 [16]	46
Obrázek 4.22 - Pohled na čelbu ražby nemechanizovaným štítem [14]	46
Obrázek 4.23 - Ruční ražba [23]	47
Obrázek 4.24 - Schéma ruční ražby [7]	48
Obrázek 5.1 - Letecký snímek lokality budoucí stavby – nadzemní přechod plynovodu přes řeku Dřevnici [17]	50
Obrázek 5.2 - Vrtný stroj Vermeer 75-100 firmy Michlovský-protlaky, a.s. při provádění pilotního vrtu metodou směrového vrtání - HDD [24]	58

10. Seznam příloh

Výkres č. 1 - Podvrt řeky Dřevnice - Směrové vrtání – HDD, M 1:100